



# Motorisen oppimisen vakiintuminen unen aikana

Anu Heikkinen  
Matilda Meriö

OPINNÄYTETYÖ  
Syyskuu 2020

Fysioterapeutin tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Fysioterapeutin tutkinto-ohjelma

HEIKKINEN, ANU & MERIÖ, MATILDA:  
Motorisen oppimisen vakiintuminen unen aikana

Opinnäytetyö 57 sivua, joista liitteitä 7 sivua  
Syyskuu 2020

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli koota tietoa ja lisätä fysioterapian ammattilaisten ja opiskelijoiden sekä muiden aiheesta kiinnostuneiden tietämystä unen vaikutuksesta motorisen oppimisen vakiintumiseen. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa kirjallisuuskatsaus Jyväskylän yliopiston aivotutkimuskeskukselle.

Uni jaetaan karkeasti kahteen vaiheeseen, jotka ovat NREM-uni ja REM-uni. Unen aikana aivot työstävät päivän aikana opittuja asioita vakiinnuttaen niitä muistiin. Uni vahvistaa kognitiivisia toimintoja, joita tarvitsemme opittavan tiedon muistiin tallentamisessa, muistissa säilyttämisessä ja muistista palauttamisessa. Motorinen oppiminen on yksi oppimisen näkökulma, jolla tarkoitetaan uuden liiketaidon oppimista. Unen vaikutuksia motoriseen oppimiseen on tutkittu paljon.

Opinnäytetyö toteutettiin kuvailevana kirjallisuuskatsauksena, jossa käytetyt tutkimukset kerättiin eri tietokannoista. Käytetyimmät tietokannat olivat Ovid Medline ja Pubmed, joista pyrittiin löytämään aiheen kannalta sopivimmat tutkimukset. Tiedonhaku, tutkimusten valinta, analysointi sekä johtopäätökset tehtiin opinnäytetyölle asetettujen tutkimuskysymysten pohjalta.

Tutkimukset aiheesta osoittivat, että uni edistää motorista oppimista ja vahvistaa proseduraalisten muistijälkien lujittumista. Tutkimusten mukaan uni tukee oppimisen aikana tehostuneiden muistijälkien uudelleenaktivoitumista sekä -järjestäytymistä. NREM-unella on edistävä vaikutus unenaikaisessa motorisen oppimisen vakiintumisessa. Unisukkuloiden lisääntyneen aktiivisuuden uskotaan olevan yhteydessä proseduraalisen muistin vakiintumiseen edistäen motorista oppimista.

Unen vaikutus motoriseen oppimiseen on laaja-alainen tutkimuskohde, jota tullaan tutkimaan myös jatkossa. Kirjallisuuskatsauksen tuloksia voidaan hyödyntää fysioterapiassa lisäämällä fysioterapeuttien sekä asiakkaiden tietoisuutta unen vaikutuksista motoriseen oppimiseen. Jatkossa aihetta voitaisiin tutkia esimerkiksi aivoverenkiertohäiriön sairastaneen potilaan kuntoutuksen näkökulmasta, tarkastellen unen merkitystä motorisessa uudelleen oppimisessa.

---

Asiasanat: uni, motorinen oppiminen, proseduraalinen muisti, muistin vakiintuminen

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Physiotherapy

HEIKKINEN, ANU & MERIÖ, MATILDA:  
Motor Learning Consolidation during Sleeping

Bachelor's thesis 57 pages, appendices 7 pages  
September 2020

---

This study is aimed at establishing the effects of sleep on motorised learning. The study was conducted by gathering and analysing information from the latest studies. This study was made in cooperation with The University of Jyväskylä.

Sleep phases are divided into two different groups, they are called REM-sleep and NREM-sleep. During sleep the brain processes the information and motorised skills that you have learned during the day in order to embed the information into memory.

This study was conducted as a literary overview. Studies used in this overview were gathered from different sources, the main ones being Ovid Medline and Pubmed. Studies that were the most suitable for this research were selected from these sources. Information retrieval, analysis of selected studies and study results were all based on the research questions that were set established for this study.

Many studies have shown that sleep advances motorised learning and establishes procedural memory consolidation. Studies also show that sleep supports reactivation and reorganisation of engrams that were intensified during learning. NREM-sleep in particular promotes the consolidation of motorised skills during sleep. An increase of sleep spindles activity is connected to the consolidation of procedural memory and as such is linked to the promotion of motorised learning during sleep.

In conclusion it can be said that the effects of sleep on motorised learning is a wide field of study that will most certainly be studied more in the future. The results of this literary overview can be used in physiotherapy by bringing drawing attention to the importance of sleep for motorised learning. In the future this field of study could be examined from a rehabilitative perspective among patients who have suffered a stroke.

---

Key words: sleep, motor learning, motor memory, procedural memory, memory consolidation

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS .....	7
3	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS .....	8
	3.1 Kuvaileva kirjallisuuskatsaus.....	8
	3.2 Aineiston hankinta .....	9
	3.3 Opinnäytetyöprosessi.....	11
	3.4 Kirjallisuuskatsauksen eettisyys ja luotettavuus.....	12
4	UNI .....	14
	4.1 Unen merkitys.....	14
	4.2 Unen säätely.....	15
	4.3 Unen vaiheet.....	16
5	MUISTI JA OPPIMINEN .....	20
	5.1 Muisti.....	20
	5.2 Oppiminen.....	23
	5.3 Motorinen oppiminen .....	24
	5.4 Oppimisen vakiintuminen unen aikana .....	25
6	UNI JA MOTORINEN OPPIMINEN .....	27
	6.1 Tutkimusten esittely.....	27
	6.2 Tutkimustulosten tarkastelu .....	34
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	39
8	POHDINTA .....	42
	LÄHTEET .....	47
	LIITTEET .....	51
	Liite 1. Tutkimustaulukko (s. 51-57).....	51

## 1 JOHDANTO

Uni, muisti ja oppiminen ovat yhteydessä toisiinsa. Unen yksi tehtävä on tukea kognitiivisia toimintoja, jotka auttavat uuden opittavan asian tai taidon mieleen painamisessa, säilyttämisessä sekä muistista palauttamisessa. Unen aikana osa valveilla rakentuneista muistijäljistä uudelleenaktivoituu, lujittuu sekä järjestäytyy uudelleen. (Sallinen 2015.)

Motorinen oppiminen on iso osa fysioterapiaa. Fysioterapia on oppimistilanne, jossa ohjataan asiakkaita joko oppimaan uusia taitoja tai muuttamaan vanhoja toimintatapoja. Fysioterapeuttisen ohjaamisen keinoin voidaan vaikuttaa asiakkaiden toimintakyvyn ja liikkumisen laatuun. Tällöin terveyden ja toimintakyvyn edistämisen keskipisteenä on motorinen oppiminen. (Suomen fysioterapeutit.)

Kiinnostus tämän opinnäytetyön aiheeseen heräsi jo opiskeluiden alkuvaiheessa, kun käsitelimme luennoilla unta ja sen merkitystä. Tämän myötä havahduimme siihen, kuinka tärkeässä roolissa uni on meidän jokaisen elämässä. Halusimme perehtyä aiheeseen syvällisemmin, sillä meitä kiinnosti unen aikainen aivotoiminta. Tarkasteltuamme aihetta fysioterapian näkökulmasta kiinnostuimme unen vaikutuksesta motoriseen oppimiseen.

Opinnäytetyömme tarkoituksena on koota kirjallisuuden ja uusimpien tutkimusten perusteella kuvaileva kirjallisuuskatsaus ja näin lisätä fysioterapian ammattilaisten sekä opiskelijoiden tietämystä unen vaikutuksista motoriseen oppimiseen. Lisäksi työstä hyötyvät kaikki aiheesta kiinnostuneet. Opinnäytetyö pyrkii vastaamaan kysymyksiin: Mikä on unen merkitys ja mitkä ovat unen vaiheet, miten opittu tieto ja taito tallentuvat muistiin ja miten motorinen oppiminen vakiintuu unen aikana?

Opinnäytetyön alussa kerrotaan yleisellä tasolla unesta, muistista sekä oppimisesta. Sen jälkeen siirrytään tarkastelemaan uusimpien tutkimusten pohjalta terveiden aikuisten motorisen oppimisen vakiintumista unen aikana.

Opinnäytetyön lopussa pohdimme aihetta laajemmin fysioterapian osalta tuomalla esimerkkejä sekä ajatuksia käytännön työhön peilaten.

## 2 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS

Opinnäytetyön tavoitteena on koota tietoa ja lisätä fysioterapian ammattilaisten ja opiskelijoiden sekä muiden aiheesta kiinnostuneiden tietämystä unen vaikutuksesta motorisen oppimisen vakiintumiseen. Tarkoituksena on tuottaa kirjallisuuskatsaus Jyväskylän yliopiston aivotutkimuskeskukselle.

Opinnäytetyön etenemistä ohjaavia kysymyksiä ovat:

- Mikä on unen merkitys?
- Mitkä ovat unen eri vaiheet?
- Miten opittu tieto ja taito tallentuvat muistiin?
- Miten motorinen oppiminen vakiintuu unen aikana?

### 3 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

#### 3.1 Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Opinnäytetyö toteutetaan kuvailevana kirjallisuuskatsauksena, joka on yksi yleisimmin käytetyistä katsaustyypeistä. Sen muodoksi valittiin narratiivinen kirjallisuuskatsaus, joka toteutettiin yleiskatsauksena, jossa ei ole tarkkoja säännöksiä. (Salminen 2011, 6 - 7.) Kuvaileva kirjallisuuskatsaus etsii vastauksia kysymyksiin, mitä aiheesta tiedetään tai mitkä ovat aiheen keskeiset käsitteet ja niiden väliset suhteet. Tavoitteena on arvioida ja tehdä yhteenveto aihetta käsittelevistä tutkimuksista. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus voi profiloitua teoreettisen ja käsitteellisen kehyksen rakentamiseen, erityisen aiheeseen liittyvään tiedon osoittamiseen, teorian kehittämiseen ja ongelmakohtien havaitsemiseen. Katsaus kootaan laajojen aineistojen pohjalta, joiden valintaa eivät rajaa metodiset säännöt. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen menetelmä voidaan jäsentää neljän vaiheen kokonaisuudeksi, joita ovat tutkimuskysymyksen muodostaminen, aineiston valitseminen, kuvailun rakentaminen ja tuotetun tuloksen tarkasteleminen. (Kangasniemi ym. 2013, 294.)

Narratiivinen kirjallisuuskatsaus antaa laajan kuvan käsiteltävästä aiheesta ja epäyhtenäistä tietoa järjestetään yhtenäiseksi tapahtumaketjuksi. Narratiivinen kirjallisuuskatsaus voidaan vielä jakaa eri toteuttamistapoihin, joista laajin on yleiskatsaus. Siinä on kyse prosessista, jonka tarkoituksena on tiivistää aiemmin tehtyjä tutkimuksia. Narratiivisessa kirjallisuuskatsauksessa analyysin muotona toimii kuvaileva synteesi, jonka yhteenveto toteutuu johdonmukaisesti ja ytimekkäästi. Lähtökohtaisesti tutkimusaineistoa ei ole kerätty erityisen systemaattista seulaa käyttäen. Kuvaileva tutkimustekniikka ajantasaistaa tutkimustietoa, mutta ei tarjoa analyttisintä tulosta. Tämän katsauksen avulla on mahdollista koota ajankohtaista tietoa aiheesta, johon ei välttämättä muun tieteellisen kirjallisuuden kautta pystytä. (Salminen 2011, 6 - 7.)



### 3.2 Aineiston hankinta

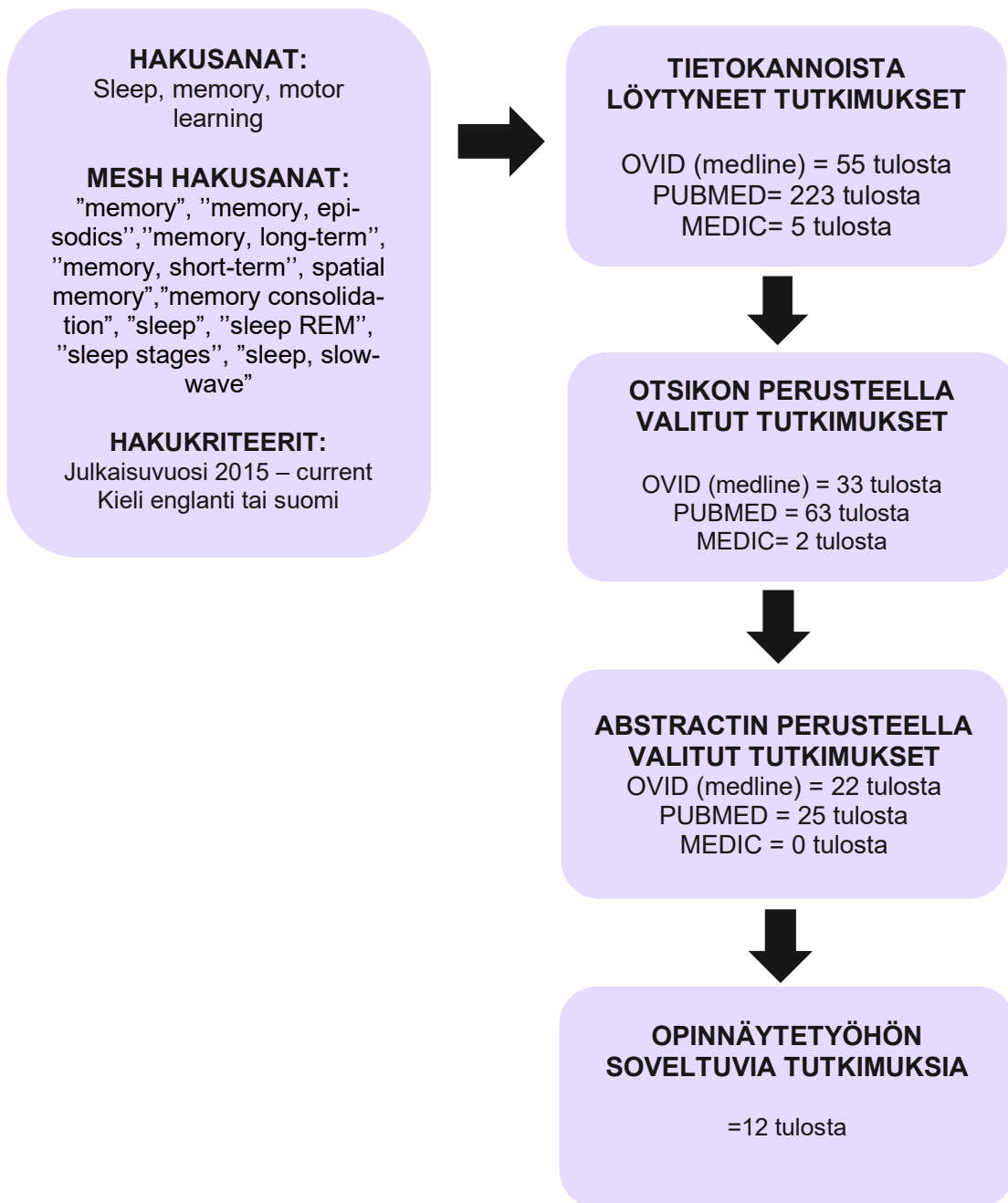
Opinnäytetyön aineistoa kerättiin eri tietokannoista. Aineisto koostuu kirjallisuudesta ja uusimmista tutkimuksista. Unesta, muistista ja oppimisesta löytyi paljon luotettavaa ja tutkittua tietoa kirjallisuuden sekä eri julkaisujen kautta. Aiheeseen liittyvää aineistoa etsimme Duodecimin Oppiportista sekä Tampereen kirjastojen tietokannoista. Julkaisujen ja artikkelien löytämiseen hyödynsimme Medic- ja Ovid Medline-tietokantoja. Aiheemme kannalta oleellinen yleistieto unesta, muistista ja oppimisesta on pysynyt lähestulkoon samana jo vuosien ajan. Halusimme kuitenkin hyödyntää työssämme mahdollisimman uutta kirjallisuutta sekä uusimpia julkaisuja.

Kun etsimme tutkimuksia, teimme paljon taustatyötä selvittääksemme, mitkä hakusanat toimisivat ja rajaisivat aiheemme kannalta parhaat tulokset. Kokeilimme eri hakusanoja suomeksi sekä englanniksi eri tietokantoihin. Englanniksi hakutulokset olivat laajempia, koska uusimmat tutkimukset olivat englanninkielisiä. Lisäksi yritimme löytää fysioterapiaan liittyviä tutkimuksia, mutta näitä ei löytynyt opinnäytetyötämme käsittelevästä aiheesta.

Haimme tutkimuksia useista eri internetin tietokannoista ja aiheemme kannalta parhaimmat tulokset saimme Medline Ovid- ja Pubmed-tietokannoista. Tulokset läpäisivät kaikki hakukriteerimme sekä käsittelivät työmme aihetta oikeasta näkökulmasta. Medline Ovid- ja Pubmed-tietokannoissa käytimme hakusanoina "sleep" and "memory" and "motor learning". Medline Ovid-tietokannassa käytimme hakusanojen lisäksi Mesh-hakusanoja, jotka olivat "memory", "memory, episodics", "memory, long-term", "memory, short-term", "spatial memory", " "memory consolidation" "sleep", "sleep REM", "sleep stages", "sleep slow-wave". Hakukriteereinä oli julkaisuvuosi, joka rajattiin vuosiin 2015-2020 sekä kieli, joka rajattiin englannin ja suomen kieleen. Tiesimme, että aihetta oli tutkittu paljon jo aiemmin ja halusimmekin työssä käsitellä nimenomaan uusimpia tutkimuksia, jotta tieto olisi mahdollisimman tuoretta. Mielestämme edellä mainituista tietokannoista saimme riittävästi aineistoa, sillä muissa samat tutkimukset alkoivat toistua. Teimme saman haun kuitenkin vielä Medic-, Cinahl-

ja Cochrane-tietokantoihin, mutta emme valinneet niiden kautta enää uusia tutkimuksia, sillä vastaan tulivat samat tutkimukset.

Tutkimuksia löytyi paljon, mutta aiheeseemme sopivia vähemmän. Aihetta oli tarkasteltu hieman eri näkökulmista. Tutkimuksia karsiintui pois jo otsikoiden perusteella, sillä ne eivät vastanneet aihettamme. Tiivistelmistä täytyi käydä ilmi, että aihe käsitteli proseduraalisen muistin ja motorisen oppimisen vakiintumista unen aikana. Osa tutkimuksista käsitteli ainoastaan unen vaikutusta seuraavan päivän motoriseen suoritukseen. Suuri osa tutkimuksista käsitteli aihetta jonkin muun näkökulman kuten skitsofrenian, masennuksen tai stressin kautta. Lisäksi osa tutkimuksista oli rajannut osallistujat lapsiin tai vanhuksiin. Emme halunneet rajata hakuamme mihinkään tiettyyn tutkimustyyppiin, sillä tavoitteenamme oli verrata tutkimusten tuloksia ja saada varmistus unen hyödyistä motorisen oppimisen vakiintumiselle. Rajasimme tutkimuksia vielä niiden taustan ja luotettavuuden perusteella. Kuviossa 1 esitämme tiedonhankintaprosessimme.



KUVIO 1. Tiedonhankintaprosessi

### 3.3 Opinnäytetyöprosessi

Opinnäytetyön aihe syntyi pitkän pohdinnan jälkeen. Lähtökohtana oli se, että olimme kiinnostuneita unen ja aivotoiminnan välisestä suhteesta. Vaikka aihe oli hankala rajata ja yhdistää fysioterapiaan, päätimme lähteä kuitenkin viemään aihetta eteenpäin. Ideaseminaarissa keväällä 2019 asia jalostui siten, että selvittäisimme unen vaikutusta aikuisen aivotoimintaan. Helmikuussa 2019

otimme yhteyttä Jyväskylän yliopiston aivotutkimuskeskuksen unitutkijaan ja kysyimme, mikä tarkastelutapa voisi olla hyödyllinen tutkimuksen kannalta. Hän oli hyvin innostunut yhteistyöstä ja kävimme lukuisia keskusteluita aiheesta, jonka jälkeen aiheemme rajautui unen ja oppimisen väliseen yhteyteen. Tämäkin oli kuitenkin aiheena vielä hyvin laaja. Teimme opinnäytetyösuunnitelman tammikuussa 2020. Huhtikuussa 2020 päädyimme yhteistyökumppanimme kanssa aiheeseen, joka käsittelisi unen vaikutusta motoriseen oppimiseen. Selasimme Theseuksesta unesta tehtyjä opinnäytetöitä. Töitä selatessamme vastaan ei tullut yhtäkään työtä, joka käsittelisi unen ja motorisen oppimisen yhteyttä. Tämän vuoksi mielenkiinto aiheeseen kasvoi entisestään.

Kesäkuussa 2020 teimme opinnäytetyösopimuksen Jyväskylän yliopiston aivotutkimuskeskuksen kanssa. He hyötyvät kirjallisuuskatsauksestamme saamalla sen kautta tietoa tämän hetken tutkimustuloksista. Sopimuksen kirjoittamisen jälkeen perehdyimme taustatietoihin, jotta osaisimme rajata aihetta vieläkin paremmin. Pitkän pohdinnan ja perehtymisen jälkeen rajasimme aiheen unenaikaiseen motorisen oppimisen vakiintumiseen. Halusimme koota työhön perustiedon unesta, muistista ja oppimisesta sekä tämänhetkiset tutkimustulokset unen vaikutuksesta motoriseen oppimiseen. Pyrimme löytämään todisteita unen hyödyistä motoriselle oppimiselle. Vältimme liian tarkkoja neurologisia asiasanoja tai tarkkoja tieteellisiä termejä, sillä halusimme pitää työn mahdollisimman selkeänä ja helposti ymmärrettävänä. Halusimme käsitellä aihetta yleisellä tasolla kohdistuen sen terveisiin aikuisiin. Näin aihetta voisi hyödyntää fysioterapiassa useamman asiakkaan kohdalla. Fysioterapeuttisen näkökulman mukaan tuomiseksi valitsimme tarkastelutavaksi motorisen oppimisen, joka on tärkeässä roolissa fysioterapeutin työssä. Aiheesta ei ole tutkittua tietoa fysioterapian osalta, joten päätimme tuoda fysioterapian näkökulman aiheeseen oman pohdinnan kautta.

### **3.4 Kirjallisuuskatsauksen eettisyys ja luotettavuus**

Opinnäytetyön teoriaosuudessa on pyritty hyödyntämään mahdollisimman uusia lähteitä. Kirjallisuus on suurimmaksi osaksi viimeisen kymmenen vuoden ajalta. Työhön valikoitui myös muutama vanhempi lähde, joista saatu tieto on pysynyt samana, joten koimme teokset käyttökelpoisiksi. Opinnäytetyössä käsitellyt

tutkimukset on koottu ajankohtaisista lähteistä. Kirjallisuuskatsaukseen valittiin vain viimeisen viiden vuoden sisällä tehtyjä tutkimuksia. Kävimme ennen aiheen rajaamista Tampereen ammattikorkeakoulun järjestämässä tiedonhaun opastuksessa, josta saimme neuvoja tiedonhankintaan. Harjoittelimme vielä aiemmin tuttujen tietokantojen käyttöä sekä tutustuimme kahteen uuteen tietokantaan paremmin heti, kun olimme rajanneet aiheen. Näin pystyimme lisäämään luotettavuutta, kun osasimme käyttää tietokantoja oikealla tavalla sekä hyödyntää oikeanlaisia hakusanoja. Tiedonhaku on kuvattu alusta loppuun tarkasti sanallisesti sekä lisäksi olemme luoneet pelkistetyn, selkeän kaavion, josta lukija näkee kaikki hakusanat sekä kuinka monta tutkimusta mistäkin hakukannasta on valittu ja millä perusteella. Tämä lisää työn luotettavuutta, sillä se mahdollistaa tiedonhaun toistettavuuden sekä tarkastamisen.

Kirjallisuuskatsauksessa käsitellyt tutkimukset ovat kansainvälisiä, mikä lisää sen luotettavuutta. Toisaalta osa englanninkielisten tutkimusten termeistä ja lauseista oli hankalia ymmärtää sekä kääntää suomen kielelle. Englanninkieliseen aihetta käsittelevään sanastoon piti perehtyä huolellisesti ennen työn kirjoittamista, jotta saatoimme olla varmoja aiheiden oikeellisuudesta.

Työhömme valikoitui 12 tutkimusta, joista kolme on tutkimuskatsauksia. Vastasimme näiden avulla tutkimuskysymykseemme: Miten motorinen oppiminen vakiintuu unen aikana? Käsitelimme työssä useampia tutkimuksia sekä paljon muita lähteitä, joka lisää työmme luotettavuutta. Työn eettisyyttä lisää oikein merkityt, tekijänoikeuksia kunnioittavat lähdeviitteet sekä lähdemerkinnät. Tutkimusten esittelyssä jokainen käsitelty tutkimus esitellään erikseen, jotta tutkimukset eivät samankaltaisuutensa vuoksi sekoittuisi keskenään. Koemme, että tämä lisää työmme eettisyyttä sekä luotettavuutta.

## 4 UNI

### 4.1 Unen merkitys

Nukkumiseen kuuluu noin kolmasosa ihmisen elämästä. Ihminen tarvitsee unta elääkseen ja jatkuva unenpuute on erittäin vahingollista terveydelle. Keskimäärin aikuiset tarvitsevat unta noin 7-8 tuntia yössä. Vauvoilla unen tarve on paljon suurempi, sillä he tarvitsevat unta vähintään 17 tuntia päivässä. Teini-ikäisille suositellaan unta keskimäärin 9 tuntia yössä. Ikääntyessä yöunet jäävät usein lyhyemmiksi, minkä vuoksi syvän unen määrä vähenee ja uni on normaalia kevyempää. Unen tarve on kuitenkin aina yksilöllistä ikäryhmästä huolimatta. (Purves ym. 2017, 643 - 649.)

Unella on todettu olevan monia positiivisia fysiologisia vaikutuksia, jotka vaikuttavat niin henkiseen kuin fyysiseenkin hyvinvointiin. Unen aikana elimistö saa pääasiassa levätä ja aivot elpyä. Aivot eivät kuitenkaan nuku unen aikana, vaan ne toimivat aktiivisesti. (Aronen ym. 2019, 3.) Unella on positiivisia vaikutuksia aivojen toimintojen elpymiseen ja siksi monet näistä toiminnoista ovatkin riippuvaisia unesta. Unen aikana aivot puhdistuvat ja lujittavat muistia, kasvuhormonia erittyy, kudonvauriot korjaantuvat sekä aivojen energiavarastot täydentyvät. Lisäksi aivot käsittelevät aiemmin opittuja asioita unen aikana, mikä lisää muistin lujittumista. (Tuomilehto 2019, 27.)

Hereillä ollessa neuronit tuottavat kuona-aineita, jotka poistuvat aivoista unen aikana (Purves ym. 2017, 651). Nukkuessa aivo-selkäydinneste pääsee huuhtelemaan soluvälitiloja paremmin kuin valveilla ollessa. Uni korjaa soluvaurioita sekä vahvistaa hermosolujen välisiä kytköksiä varsinkin muistille tärkeillä aivoalueilla. Lisäksi unen aikana karsiutuu tarpeettomia synapsiyhteyksiä. (Lönngqvist ym. 2019.) Unen tehtävänä on myös täydentää aivojen glykogeenitasoja, jotka laskevat hereillä ollessa (Purves ym. 2017, 651).

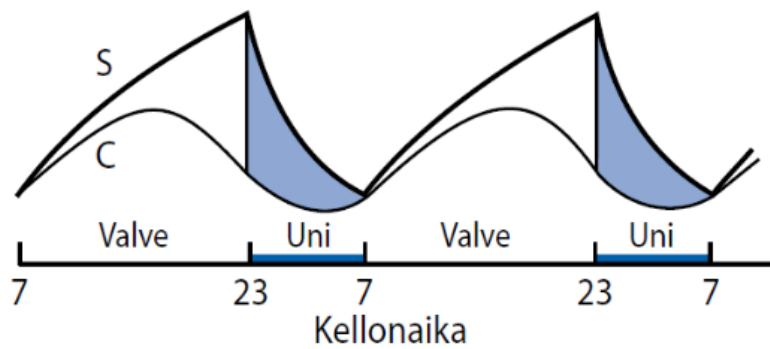
Jos ihminen nukkuu liian vähän, syntyy hänelle niin sanottua univajetta. Tämän seurauksena voi ilmetä väsymystä, kognition heikkenemistä sekä mielialan

laskua. (Himanen & Toppila 2018.) Nämä voivat näkyä esimerkiksi tarkkaavaisuuden, arviointikyvyn ja reaktioajan heikkenemisenä (Purves ym. 2017, 649). Univaikeuksista kärsivä ihminen kokee tavallisesti myös keskittymisen, oppimisen sekä muistin ongelmia (Wamsley & Stickgold 2011, 97). Satunnainenkin unettomuus tai lyhytkestoinen unenpuute vaikuttavat henkiseen sekä fyysiseen suorituskyykyyn (Purves ym. 2017, 151). Univajeen sietokyky on yksilöllistä, mutta sen syytä ei ole selvitetty (Himanen & Toppila 2018).

## 4.2 Unen säätely

Laaja aivohermoverkko säätelee unta ja vireyttä. Viime vuosien tutkimusten perusteella unen säätelyn on todettu tapahtuvan aivokuorella paikallisesti. Tämän lisäksi unen säätelyyn vaikuttaa aivorungosta tuleva yleinen säätely. (Himanen & Toppila 2018.) Unen rakennetta ja ajoittumista määrittää hermoston autonominen sirkadiaaninen vuorokausirytmä sekä valveilla ollessa kasaantunut unen tarve (Stenberg 2019, 831). Toisin sanoen vuorokausirytmä rajoittaa unen sellaiseen kellonaikaan, joka on elimistölle luontainen. Yöllä erittyvää unihormonia kutsutaan melatoniiniksi. Sitä erittyy etenkin aamuyöstä noin kello 2-4 aikaan. Melatoniinin on todettu helpottavan nukahtamista sekä auttavan pysymään pitkäkestoisemmin unessa. (Himanen & Toppila 2018.)

Homeostaattiset säätelyprosessit määrittävät, kuinka paljon unta tarvitaan (Partonen 2015). Ihminen nukahtaa sitä nopeammin, mitä enemmän hänelle on kertynyt unipainetta. Unipainetta kertyy ihmisen valvoessa pitkään. (Partonen 2020.) Aivoissa muodostuu hereillä ollessa kemiallista yhdistettä adenosiniä. Mitä enemmän adenosiniä kertyy päivän aikana aivoihin, sitä enemmän korkeaa vireystilaa säätelevien välittäjäaineiden toiminta vähenee. (Kuula 2019.) Karkeasti voidaan siis ajatella, että mitä enemmän adenosiniä on kertynyt aivoihin, sitä enemmän iltaa kohden väsyttää ja näin myös yöuni on syvempää ja pitkäkestoisempaa. Unen aikana aivojen adenosiinipitoisuus vähenee, jolloin valveta on taas mahdollinen. (Hublin & Partinen 2015.) Vuorokausirytmä ja unen tarvetta havainnollistaa kuvio 2.



KUVIO 2. Vuorokausirytmää säätelevät unipaine (S) ja sirkadiaaninen vuorokausirytmä (C) (Toppila 2018, 4)

### 4.3 Unen vaiheet

Uni koostuu erilaisista vaiheista ja jokaisella niistä on oma tärkeä merkityksensä sekä tehtävänsä. Tarvitsemme unen kaikkia vaiheita, jotta uni on laadultaan mahdollisimman tarkoituksenmukaista sekä virkistävää. (Partinen & Huovinen 2007, 34.) Uni voidaan jakaa silmän liikkeiden perusteella kahteen osaan, NREM-uneen (non-rapid eye movements) eli syvään perusuneen sekä REM-uneen (rapid eye movements) eli vilkeuneen. NREM-unta kutsutaan uneksi ilman nopeita silmänliikkeitä, kun taas REM-unta nopeiden silmänliikkeiden uneksi. (Purves ym. 2017, 651.)

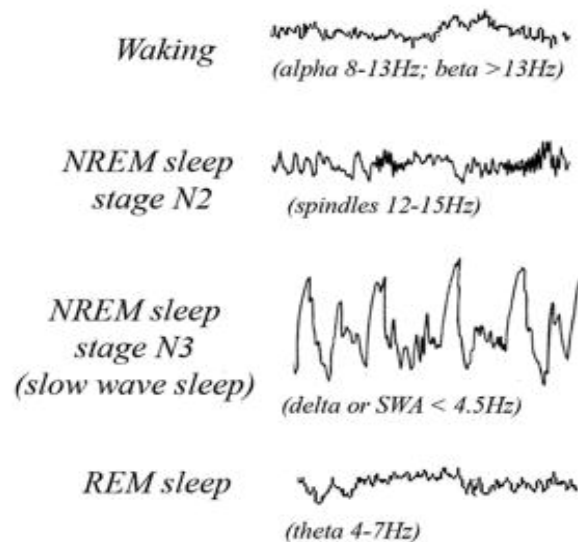
NREM-uni jaetaan kolmeen vaiheeseen unen syvyyden perusteella, jotka ovat N1-, N2- ja N3-unen vaiheet (Purves ym. 2017, 65 - 654). N1-vaihe on unen kevyin vaihe, jolle on tyypillistä lihasjäntevyys sekä EEG:ssä eli aivosähkökäyrässä havaitut alemmat taajuudet. N2-vaiheelle on ominaista hitaat aivoaallot, joissa esiintyy satunnaisesti nopeiden aaltojen pyrähdymiä eli unisukkuloita. N3-vaihe on unen syvin vaihe, jossa esiintyy myös hidasta aivoaaltoaktiivisuutta. (Toth & Bhargava 2013, 91 - 104.) Ihmistä on vaikeaa saada NREM-unesta hereille, sillä aistinelimiin kohdistuvat ulkoiset ärsykkeet, kuten metelöinti tai ravistelu eivät saavuta aivoja. Sen sijaan NREM-unen aikana aivot vastaanottavat elimistön sisäisiä ärsyksiä, minkä vuoksi ihminen voi esimerkiksi kävellä unissaan. (Partonen 2017.)

NREM-unessa tyypillistä on hitaat silmänliikkeet, joita seuraa lihasjänteveyden, kehon liikkeiden, sykkeen, hengityksen, verenpaineen



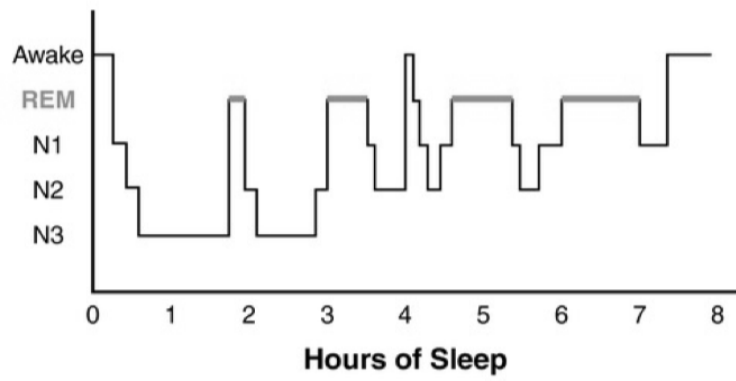
ja aineenvaihdunnan väheneminen sekä hidastuminen. Nämä muutokset jatkavat laskuaan jokaisessa NREM-unen vaiheessa ja ovat alimmillaan N3-unen vaiheessa. (Purves ym. 2017, 653 - 654.) NREM-unessa aivojen toiminta on rauhallisimmillaan. Tällöin aivot saavat elpyä ja energiavarastot täydentyvät. NREM-unen aikana keskushermostosta karsitaan hermoverkoista turhia yhteyksiä, jotta seuraavana päivänä olisi taas tilaa uusille kokemuksille. NREM-unella on virkistävä vaikutus ja iästä riippumatta se poistaa unipainetta. (Himanan & Toppila 2018.)

REM-unen aikana keho lepää ja aivot ovat aktiivisimmillaan. Se on ainutlaatuinen tietoisuuden tila, jonka aikana nähdään tavallisesti unia. (Himanan & Toppila 2018.) REM-unen aikana verenpaine, syke ja aineenvaihdunta ovat lähes samankaltaiset kuin valveilla ollessa. REM-unta onkin lähes mahdotonta erottaa valvetilasta sähköisten aivoaaltojen aktiivisuuden mukaan. Vaikka muutokset vastaavat valveillaolotilaa, eroavat ne kuitenkin valveillaolosta. (Purves ym. 2017, 654 - 655). Tämä havainnollistuu kuviossa 3. REM-unen ja valvetilan erottaa nukkuva keho ja erityisesti lihakset, sillä REM-unen aikana monet suuret lihasryhmät lamaantuvat (Purves ym. 2017, 654 - 655). Tämän lihastonuksen vähenemisen saa aikaan lihasten toimintaa estävä signaali, joka siirtyy aivorungosta koko selkäytimen läpi. Tämä ehkäisee nukkujaa toteuttamasta REM-unen aikaisia fyysisiä unikokemuksia. (Chase 2013.) REM-unelle tyypillistä on nopeat silmänliikkeet, pupillien pieneneminen ja pienempien lihasten, kuten sormien, varpaiden ja keskikorvan lihasten nykiminen (Purves ym. 2017, 654 - 655). REM-unen aikana ihminen voi herätä hetkeksi nukahtaen nopeasti uudelleen. Lyhytkestoiset valvejaksot ovatkin osa terveen ihmisen yöunta. (Partonen 2017.)



KUVIO 3. Valvetilan ja unen eri vaiheiden aivoaallot EEG:llä mitattuna (Cirelli 2009)

Uni etenee terveillä aikuisilla saman kaavan mukaisesti. Univaiheet toistuvat samassa tietyssä järjestyksessä yöunen aikana. (Partonen 2017.) Uni alkaa NREM-unella, jonka jälkeen siirrytään REM-uneen. Tämän jälkeen kierto alkaa alusta toistuen 90 minuutin sykleissä. Unisykliin määrään vaikuttaa yöunien pituus. (Tuomilehto 2019, 27.) Vaikka NREM- ja REM-uni vaihtelevat yön mittaan, muuttuu niiden välinen suhde syklien aikana (Toth & Bhargava 2013, 91 - 104). NREM- ja REM-unen yönaikaisen vaihtelun havainnollistaa kuvio 4. Nukahtamisen jälkeen siirrytään N1 ja N2 vaiheiden kautta N3-vaiheeseen. NREM-unen syvimmat vaiheet ovat yleensä vallitsevia ensimmäisten unisykliin aikana, kun unipaine on korkea. Aamua kohti mennessä unipaine laskee ja silloin puolestaan REM-uni ja NREM-unen kevyet vaiheet ovat aktiivisempia. Unisykli päättyy tavallisesti REM-uni jaksoon. (Toth & Bhargava 2013, 91 - 104.)

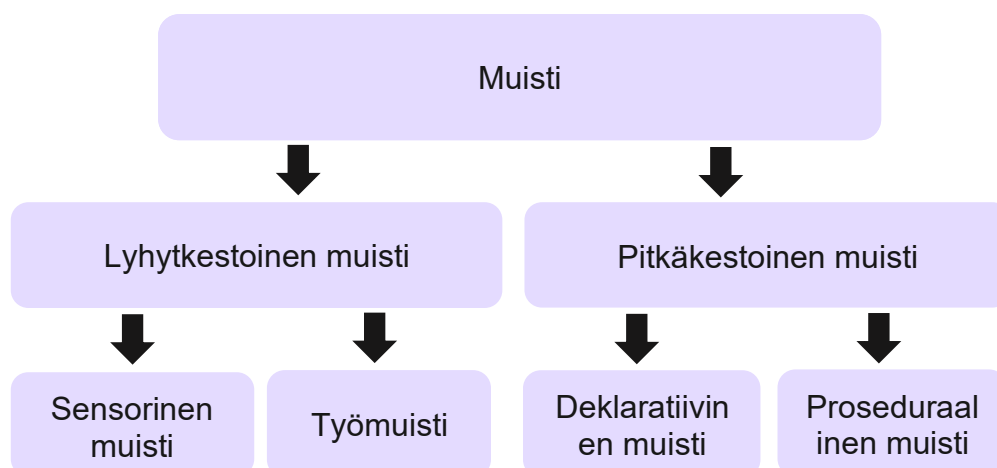


KUVIO 4. Unen rakenne (y-akselilla unen vaiheet ja x-akselilla unen kesto)  
(Eriksson 2018)

## 5 MUISTI JA OPPIMINEN

### 5.1 Muisti

Muisti koostuu kolmesta vaiheesta, jotka ovat tiedon varastointi, säilyttäminen sekä mieleen palauttaminen. Muisti jakautuu sen keston perusteella pitkäkestoiseen ja lyhytkestoiseen muistiin (kuvio 5). Näitä muistin osa-alueita käsitellään aivojen eri alueilla ja niillä kaikilla on omat tehtävänsä (Hallikainen ym. 2019). Muisti muodostuu kerroksittain kerrytetyistä kokemuksista, asioista ja muistoista. Päällimmäisenä ovat viimeisimpänä koetut ja opitut asiat, kun taas pohjalla ovat lapsena opitut asiat, lapsuuden kokemukset ja ihmiset. (Hallikainen ym. 2019.) Muistot muodostuvat synaptisten yhteyksien ansiosta. Muistijäljen syntymisessä keskeisenä ilmiönä on hermosolujen välisten yhteyksien eli synapsien valikoiva vahvistuminen ja heikkeneminen sekä uusien synapsien synty. (Erkinjuntti ym. 2015). Aivojen varastointitilan määrä muodostuu aivojen muistirakenteisiin kuuluvien hermosolujen ja niiden välisten yhteyksien lukumäärästä (Wigren & Stenberg 2015, 151). Hereillä ollessa aivot käsittelevät sekä tallentavat jatkuvasti tahdosta riippumattomia sekä riippuvaisia uusia asioita sekä taitoja (Purves ym. 2017, 681). Päivän aikana synapsien eli hermoliitosten kokonaismäärä lisääntyy, mutta nukkuessa se palautuu, jotta seuraavana päivänä on taas tilaa uusille kokemuksille (Wigren & Stenberg 2015, 151).



KUVIO 5. Muistin jaottelu

Muistin lyhyt- ja pitkäaikainen tehostuminen hermoverkossa vaatii tiedon prosessointia (Kauppila 2015, 26). Mitä useamman kerran tietty toiminto

suoritetaan, sitä useammin samojen synapsien läpi kulkee signaaleja. Ajan myötä synaptiset reitit vahvistuvat ja näin muistissa sijaitseva taito muuttuu automaattiseksi. (Cherry 2020.) Asioiden ja taitojen muistamiseen vaikuttavat muistin toiminnan lisäksi myös muut tekijät. Mikäli asiasta innostuu ja se kiinnostaa, sen muistaa usein paremmin kuin asian, josta ei ole niin kiinnostunut. Myös vireystilalla on merkitystä, sillä keskittyneenä muisti toimii paremmin. Muistamista helpottaa, jos uusi muistettava asia liitetään esimerkiksi aiemmin tuttuun tilanteeseen. (Hallikainen ym. 2019.)

Muistia ei liitetä vain yhteen tiettyyn aivoalueeseen, vaan se tarvitsee useamman aivoalueen yhteistyötä toimiakseen. Muistitoiminnot keskittyvät isoavojen alueelle. Takaraivolohko on näkömuistin kannalta oleellinen. Ohimolohkot ovat tärkeitä muistin toiminnan kannalta, sillä ne käsittelevät muistia, ääntä, emotionaalisia reaktioita sekä puhetta. Päälakilohko vastaa aistimuksista, kuten kivusta, kosketuksesta sekä kehonlämmöstä. Otsalohkolle tallentuu muistoja tapahtumista sekä se vastaa kognitiivisista toiminnoista. Hippokampus eli aivoturso on osa pitkäkestoista tapahtumamuistia ja sitä pidetään oleellisena tekijänä muistin ja oppimisen kannalta. Se on pieni elin, joka sijaitsee aivokammion alasarvessa ohimolohkojen sisäosissa. (Kauppila 2015, 19 - 20.) Opittujen motoristen taitojen, kuten kävelyn ja pyöräilyn osalta keskeisinä aivoalueina toimivat tyvitumakkeet. Pikkuaiivot ja manteliumake vastaavat opittujen reaktiotapojen eli ehdollistumisen säilymisestä muistissa. Lisäksi aivojen sisäosassa sijaitseva talamus on keskeisessä osassa tapahtumien sekä asiatiedon muistamisessa. (Erkinjuntti ym. 2009, 69.)

Lyhytkestoinen muisti on tärkeässä roolissa asioiden kehittämisessä, suunnittelussa sekä pohdinnassa. Lyhytkestoisen muistin ansiosta pystymme tarkastelemaan ja analysoimaan erilaisia asioita samanaikaisesti sekä tekemään johtopäätöksiä. Lyhytkestoinen muisti on välttämätön pitkäkestoisen muistin toiminnalle, sillä lyhytkestoisen muistin käsittelyllä tieto siirtyy pitkäaikaiseen muistiin. (Kauppila 2015, 24 - 25.) Hippokampus tallentaa ohimenevien kokemusten yksityiskohtia, kuten kuultuja uusia nimiä tai sähköpostiosoitteita eli episodisia muistoja lyhytkestoiseen muistiin. Lyhytkestoisessa muistissa tieto ei kuitenkaan pysy kovinkaan kauaa, sillä tämän ”väliaikaisen varaston” kapasiteetti ei siihen riitä, kun uutta tietoa käsitellään koko ajan. Silloin lyhytkestoinen muisti täyttyy ja

joko jokin vanha asia unohtuu tai uuden asian muistaminen on hankalampaa. (Erkinjuntti ym. 2015.) Lyhytkestoisen muistin käyttö rajoittuu kestoiltaan muutamasta sekunnista puoleen minuuttiin, sillä uusi tieto syrjäyttää vanhaa tietoa. Tällöin muistissa pystyy pitämään samanaikaisesti enintään seitsemää asiaa tai asiakokonaisuutta kerrallaan. (Kauppila 2015, 24 - 25.)

Lyhytkestoiseen muistiin kuuluu sensorinen muisti eli aistimuisti ja työmuisti. Sensorinen muisti eli aistimuisti välittää informaatiota aistien, kuten kuulon eli kaikumuistin sekä näön eli ikonimuistin kautta. Aistimuistissa tieto prosessoidaan nopeasti ja ratkaistaan, joko tietoon reagoimalla tai jättämällä se huomiotta. Esimerkiksi uutisia kuunnellessa valikoidaan joukosta kiinnostavat uutiset ja jätetään huomioimatta merkittömäksi koetut uutiset. Tällöin käytetään hetkellisesti sensorista kaikumuistia eli kuulomuistia. Ikonimuistia eli näkömuistia käytetään esimerkiksi televisiota katsellessa. (Kauppila 2015, 23 - 24.) Ne aistimuistin asiat, joihin kiinnitetään huomiota siirtyvät työmuistiin prosessoitavaksi (Muistiliitto 2017). Työmuisti mahdollistaa tiedon säilyttämisen lyhytaikaisesti sekä hyödyntää tietoa tiedonkäsittelyyn (Hallikainen ym. 2019). Työmuistin toimintaan osallistuu laaja hermoverkosto, jossa keskeisessä asemassa on etuotsalohko. Lisäksi työmuisti on yhteydessä koko ajan myös päälaki- ja ohimolohkoon. (Erkinjuntti ym. 2015.)

Pitkäkestoisen muistin kannalta talamus ja sisempi ohimolohko ovat keskeisessä osassa tiedostettujen muistijälkien lujittumisessa. Ne toimivat vain väliaikaisena säilytyspaikkana, sillä tämän jälkeen muistijäljet tallentuvat vielä pitkäkestoiseen muistiin aivokuorelle. Sähköfysiologisissa tutkimuksissa on todettu, että hidasaaltounen aikana hippokampusessa esiintyvien unisukkuloiden aikana aivokuoren hermosolut laukeavat hippokampussolujen kanssa samanaikaisesti. Tämä hippokampuksen ja aivokuoren välinen yhteys mahdollistaa muiston siirtymisen hippokampuksen väliaikaisesta varastosta aivokuorelle. (Erkinjuntti ym. 2015.)

Muistissa pitkäkestoisuus on suhteellista, sillä informaatio voi säilyä tietoisesti käytettävänä tunteista jopa vuosikymmeniin (Kauppila 2015, 26). Pitkäkestoinen muisti sisältää tapahtumia ja asiatietoja käsittelevän deklaraatiivisen muistin sekä opittuja tapoja ja taitoja käsittelevän proseduraalisen muistin (Hallikainen ym.

2019). Tämän jaon havainnollistaa taulukko 1. Deklaratiivinen muisti eli selittävä muisti tallentaa sellaista informaatiota, mitä ihminen pystyy tietoisesti hyödyntämään (Purves ym. 2017, 681). Deklaratiivinen muisti jakautuu semanttiseen sekä episodiseen muistiin. Semanttista muistia eli tietomuistia käytetään tallentamaan erilaisia faktatietoja. Episodinen muisti eli tapahtumamuisti tallentaa kokemuksia, tapahtumia, henkilöitä sekä paikkoja. (Paavilainen 2016, 166 - 167.)

Proseduraalinen muisti eli taitomuisti arkistoi opittuja taitoja, kuten pianonsoitto, kävely tai pallon heittäminen. Proseduraalinen muisti ei ole käytettävissä tietoisesti. Taitomuisti kehittyy vähitellen, sillä oppiminen vaatii aikaa sekä kertaamista. Opittu taito ei häviä proseduraalisesta muistista yhtä helposti kuin tapahtumat ja asiat deklaratiiivisesta muistista. (Purves ym. 2017, 681.) Proseduraalista muistin sisältöä ei tarvitse tietoisesti miettiä, vaan se tapahtuu automaattisesti. Motoristen taitojen sekä tapojen tallentuminen proseduraaliseen muistiin eroaa tapahtumien ja asioiden tallentumisesta deklaratiiiviseen muistiin. Tavat sekä opitut taidot eivät unohdu yhtä helposti kuin asiat ja tapahtumat. Tavat ja taidot opitaan sekä muistetaan tavallisesti tiedostamatta, kun taas tapahtumien ja asioiden muistaminen on yleensä tietoisista. (Erkinjuntti ym. 2015.)

TAULUKKO 1. Deklaratiivisen ja proseduraalisen muistin jakautuminen (Purves ym. 2017, 682, muokattu)

Deklaratiivinen muisti	Proseduraalinen muisti
Tallentaa tosiasiat ja kokemukset, mitkä voidaan tietoisesti palauttaa mieleen.	Tallentaa tiedon, jota voidaan käyttää ilman tietoista pohdintaa.
Asiatiedot, kuten historia, puhelinnumerot, nimet, reitit, sanat ja niiden tarkoitus.	Motoriset taidot, kuten pyörällä ajo, kävely, pallonheitto, palapelin kokoaminen.

## 5.2 Oppiminen

Ihminen pystyy oppimaan uusia asioita sekä taitoja koko elämänsä ajan. Oppiminen saa aikaan neurologisia muutoksia. Nämä muutokset eli

oppimisärsykkeet muovaavat kehon hermojärjestelmää. Ikääntyessä hermoyhteydet alkavat heikentyä ja tämän vuoksi osa omaksutuista taidoista sekä asioista unohtuu. Sama voi tapahtua myös silloin, jos jokin taito on pitkään käyttämättä tai jos jotakin asiaa ei tarvitse muistaa hetkeen. (Salakari 2007, 67 - 68.) Oppimisen apuvälineinä toimii kognitiiviset tekijät, joita ovat muun muassa havainnointi, tarkkaavaisuus, mielikuvat sekä muisti. Lisäksi motivaatio ja tunteet vaikuttavat uusien asioiden ja taitojen omaksumiseen, etenkin oppimisen alkuvaiheessa. Oppimisen alkuvaiheessa koetut positiiviset kokemukset voivat edistää oppimista, kun taas negatiiviset kokemukset voivat johtaa luovuttamiseen. (Jaakkola 2010, 16 - 18.)

Kognitiivisista toiminnoista keskeisiä oppimisen kannalta ovat muistitoimintojen lisäksi myös eksekutiiviset toiminnot eli oman toiminnan ohjaaminen sekä tarkkaavaisuus. Näiden lisäksi oppimistulokseen vaikuttavat myös muun muassa oppimisstrategiat sekä minäkäsitys. (Sallinen 2015, 2253.) Toimivan oppimisen ja muistamisen vaatimuksena on riittävä vireystila. Hereillä ollessa etuaivojen pohjaosista sekä aivorungosta nousee aktivoivia ratajärjestelmiä, jotka säätelevät hippokampuksessa, talamuksessa ja aivokuoressa tiedonsiirron tehokkuutta. Tiedostettujen aistihavaintojen myötä opitun ja muistamisen lisäksi tapahtuu paljon myös tiedostamatonta oppimista ja tiedonkäsittelyä (Erkinjuntti ym. 2015).

### **5.3 Motorinen oppiminen**

Motorisella oppimisella voidaan tarkoittaa monen keskenään erilaisen taidon oppimista. Tämän vuoksi motorinen oppiminen käsitteenä onkin erittäin laaja. (Purtsi 2006, 18.) Motorinen oppiminen on yksi oppimisen näkökulma, jossa merkittävässä osassa on liike. Se on aikaisemman kokemuksen tai harjoittelun aiheuttama kehon sisäinen tapahtumasarja, joka johtaa suhteellisen pysyvään muutokseen liikkeen tuottamisessa. (Gallahue ym. 2012, 14.) Motoristen taitojen eli liikuntataitojen oppiminen eroaa huomattavasti tavallisesta kognitiivisesta oppimisesta, sillä liikuntataitojen oppiminen tapahtuu oman kehon kautta (Jaakkola 2010, 30). Motoriseksi taidoksi voidaan luokitella hyvin yksinkertainen taito, kuten sormien naputtelu sekä paljon monimutkaisempi ja haastavampi taito,



kuten seiväshyppy (Schmidt 1988, 4). Motorisiin taitoihin vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa keskittyminen, motivaatio, kunto sekä fyysinen rasitustila (Schmidt & Wrisberg 2000, 176).

Harjoittelun määrällä ja laadulla on vaikutus motoristen taitojen oppimiseen. Yksittäistä taitoa voidaan kehittää riittävällä harjoittelulla, jonka myötä tapahtuu motorinen oppiminen. (Schmidt & Wrisberg 2000, 12.) Motorisia taitoja opetellessa toistojen aikana hermojen väliset synapsiyhteydet järjestäytyvät aina uudelleen ja näin vanhat yhteydet korjaantuvat uusilla. Riittävän harjoittelun avulla aivoihin syntyy taidosta muistijälkiä, jotka helpottavat motorista toimintaa. (Floyer-Lea & Matthews 2004.) Onnistunut motorinen suoritus välittää viestin lihaksiin sekä havaintomotorisen järjestelmän avulla proseduraaliseen muistiin edistäen motorista oppimista (Brooks 1986, 12 - 13).

Tutkimustiedon mukaan motorisessa oppimisessa oppimistulosten saavuttamisen kannalta oleellista on asiakkaan motorisen oppimisen aktiivinen sekä kognitiivinen prosessointi. Fysioterapian tavoitteena on pyrkiä vaikuttamaan asiakkaan muistiin, hermostoon ja huomion suuntaamiseen motoriseen oppimiseen keskittyvässä harjoittelussa. Fysioterapeutin tehtävänä on tukea motorisen oppimisen ja kognitiivisen prosessoinnin välistä yhteyttä. Käytännön ohjaustyössä tämä tarkoittaa erilaisten ohjauskeinojen sekä palautteen antamisen hyödyntämistä ja soveltamista. Näitä ohjaamiskeinoja fysioterapiassa ovat visuaalinen, manuaalinen ja auditiivinen ohjaaminen. (Suomen fysioterapeutit.)

#### **5.4 Oppimisen vakiintuminen unen aikana**

Jo 1920-luvulla on todettu unen edistävän oppimista, kun tutkimuksissa havaittiin oppimisen jälkeisen unijakson auttavan opitun asian muistamista seuraavana päivänä (Sallinen 2015, 2253). Tämä tutkimustulos on havaittu myöhemmin samanlaisissa tutkimuksissa monta kertaa uudelleen (Conte & Ficca 2013, 105). Useissa tutkimuksissa on käynyt ilmi, että opittu asia on jäänyt paremmin mieleen yönien jälkeen kuin heti opitun jälkeen (Erkinjuntti ym. 2015). On todistettu, että oppimisen jälkeinen nukkuminen edistää oppimista, sillä aivot käsittelevät muistoja sekä opittua asiaa unen aikana toistaen niitä. Päivän aikaisten tietojen kertaantuminen unen aikana vahvistaa synapseja, jonka seurauksena

muodostuu pysyvä muistijälki. (Wigren & Stenberg 2015, 151.) Suurin osa tutkijoista onkin sitä mieltä, että valveilla syntyneiden muistijälkien aktivoituminen unen aikana on perustana unen oppimista edistävälle vaikutukselle (Diekelman ym. 2009, 309). Lisäksi tutkimuksissa on osoitettu, että unen aikana oppimiskokemukseen liitetyt aistiärsykkeet voivat edistää muistin lujittumista (Purves ym. 2017, 651).

Tutkimukset ovat osoittaneet, että REM-uni on tärkeässä roolissa proseduraalisen muistin lujittumisessa. NREM-uni taas on tärkeämpää deklarativisen muistin lujittumisessa. (Purves ym. 2017, 651, Marshall & Born 2007, 445.) REM-unen aikana aivot prosessoivat päivän aikana saatuja tietoja, poistavat turhaa tietoa ja vahvistavat tarpeellista tietoa. Tätä pidetäänkin tärkeänä prosessina muistin ja oppimisen osalta. (Tuomilehto 2019, 20.) NREM-unen toisessa vaiheessa päivän aikana opitut asiat siirtyvät lyhytkestoisesta muistista pitkäkestoiseen muistiin. Tämän mahdollistaa unisukkuloiden aiheuttama kesto vahvistuminen aivokuoren ylimmän kerroksen hermoverkoissa. (Himanen & Toppila 2018.) NREM-unen ja REM-unen aikana aktivoituvan mantelitulmakkeen, hippokampuksen sekä isoaivojen kuorikerroksen sekä näiden välisen tiedonsiirron avulla unenaikaiset muistijäljet lujittuvat (Capellini ym. 2009). Episodisen muistijäljen lujittumisen on havaittu olevan tehokasta varsinkin silloin, kun jokin asia on tietoisesti opittu. Tämän tiedon perusteella tutkijat ovatkin havainneet, että hippokampuksella on merkittävä tehtävä unenaikaisessa lujittumisessa, sillä hippokampus aktivoituu eksplisiittisen eli tietoisesti oppimisen aikana. (Chee ym. 2007, Pace-Schott ym. 2009.)

## 6 UNI JA MOTORINEN OPPIMINEN

### 6.1 Tutkimusten esittely

Vahdatin ym. (2017) tutkimuksen (tutkimus 1) tarkoituksena oli tutkia uusien muistijälkien muodostumista ja uudelleenjärjestäytymistä unen aikana motorisen oppimisen jälkeen. Tutkimukseen osallistui 13 tervettä oikeakätistä aikuista, joista seitsemän oli naisia. Koehenkilöiden keski-ikä oli 27,4 vuotta. Osallistujilta vaadittiin normaalipainoa ja tupakoimattomuutta, eikä heillä saanut olla neurologisia häiriöitä tai psyykkisiä sairauksia. Heillä ei saanut olla käytössä lääkkeitä, joilla olisi vaikutusta kognitiivisiin kykyihin tai motorisiin suorituksiin. Lisäksi heillä ei saanut olla merkkejä liiallisesta päiväsaikaisesta uneliaisuudesta ja heidän unen laadun piti olla normaali. Koehenkilöt, joilla oli aikaisempi koulutus konekirjoittajana tai muusikkona, jotka luokiteltiin äärimmäisiksi aamu- tai iltavirkuiksi tai jotka työskentelivät yöllä, jätettiin tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

Kaikki koehenkilöt suorittivat kokeen, jossa heidän piti opetella neljää sormea käyttäen napauttamaan ennalta määritettyjä sarjoja sekä toistamaan ne samalla tavalla myöhemmin. Tutkimuksessa hyödynnettiin toiminnallista magneettikuvausta (fMRI) sekä elektroenkefalografiaa eli aivosähkökäyrää (EEG). Koehenkilöiden aivoja kuvattiin EEG:llä ja fMRI:llä harjoitusten aikana, harjoitusten välissä valveilla sekä heidän nukkuessaan. Näin tutkijat pystyivät havaitsemaan proseduraalisen muistin uudelleenaktivoitumista ja vahvistumista sekä unen että valveillaolon aikana. Koehenkilöt harjoittelivat kello 22.30, jonka jälkeen tehtävä suoritettiin uudelleen seuraavana aamuna kello 9.00. Koehenkilöt lepäsivät hereillä ennen ja jälkeen harjoitusten. Heti harjoitusjakson jälkeen noin kello 23.00 otettiin fMRI- ja EEG-tallennukset kaikista koehenkilöistä.

Tutkimustulokset osoittavat, että uni tukee sekä oppimisen aikana tehostuneen muistijäljen palautumista että muistijälkien aktiivista uudelleenjärjestäytymistä. Tutkimustulosten perusteella putamen eli aivokuorukka on keskeisessä roolissa muistijälkien vahvistumisessa NREM-unen aikana. Aivokuorukka on isoavojen alaosassa sijaitseva tyvitumake, joka on yhteydessä motoriseen toimintaan.

Bothen ym. (2019) tutkimuksessa (tutkimus 2) tarkoituksena oli selvittää unen vaikutusta karkeamotorisen tehtävän oppimiseen. Tässä tutkimuksessa tehtävänä oli käänteisen ohjauspyörän ohjaaminen. Tutkimukseen osallistui 35 oikeakätistä tervettä miestä, joiden ikä oli 20-36 vuotta. Koehenkilöiden piti olla normaalipainoisia (painoindeksi 25 tai alle), heillä ei saanut esiintyä unihäiriöitä tai psyykkisiä häiriöitä. He eivät saaneet käyttää huumausaineita tai lääkkeitä, jotka häiritsevät unta tai kognitiivisia kykyjä. Lisäksi koehenkilöistä karsittiin pois ammatti- ja kilpapyöräilijät sekä ne, joilla oli kokemusta käänteisen ohjauspyörän käytöstä. Tutkittavat jaettiin satunnaisesti kahteen ryhmään. Toinen ryhmä harjoitteli aamulla ja illalla, nukkuivat yön yli ja harjoittelivat taas seuraavana aamuna. Toinen ryhmä taas harjoitteli illalla, nukkui yön yli ja harjoitteli taas seuraavana aamuna ja iltana. Tutkimustulokset osoittavat, että unesta on hyötyä molempien ryhmien suoritukseen. Tutkimuksen mukaan kuitenkin ryhmä, joka pääsi nukkumaan välittömästi ensimmäisen harjoituskerran jälkeen ja toisti harjoituksen aamulla, suoriutui tehtävästä paremmin. NREM-unen toisen vaiheen aikainen unisukkuloiden aktivoituminen on suoraan yhteydessä karkeamotorisen taidon oppimiseen eli käänteispyörän ohjaamiseen.

Borragánin ym. (2015) tutkimuksen (tutkimus 3) tarkoituksena oli testata unen aikaista proseduraalisen muistin vahvistumista. Tutkimukseen osallistui 33 nuorta aikuista, joista 28 oli naisia. Koehenkilöiden keski-ikä oli 22 vuotta. Koehenkilöillä ei ollut neurologisia tai psykiatrisia häiriöitä, eivätkä he kärsineet unihäiriöistä. Tutkittavat jaettiin satunnaisesti kahteen ryhmään. Heidän tehtävänä oli opetella visuomotorisia liikesarjoja. He pelasivat kosketusnäytöllä peliä, jossa piti reagoida mahdollisimman nopeasti näytöllä esiintyviin ärsykkeisiin. Harjoituksen jälkeen toinen ryhmä nukkui täydet yöunet ja toista ryhmää pidettiin valveilla. Tämän jälkeen molemmat ryhmät pitivät kaksi päivää taukoa harjoittelusta, jonka jälkeen opittu harjoite testattiin taas uudelleen. Testituloksissa korostuu, että hyvin nukkuneet menestyvät motorisen oppimisen testissä paremmin. Tutkimustulokset osoittavat, että harjoituksen jälkeinen uni tehostaa motorista oppimista, mutta uni ei kuitenkaan edistä motoristen liikesarjojen järjestyksen muistamista.

Christovan ym. (2018) katsausartikkelissa (tutkimus 4) arvioitiin unen vaikutusta karkeamotoriseen oppimiseen. Katsausartikkeli on koottu kattavan katsauksen perusteella tutkien erilaisia lääketieteellisiä kirjallisuustietokantoja. Tutkimusmateriaali kerättiin Medline- ja PubMed-tietokannoista. Katsaukseen valittiin tutkimukset, joissa tutkittiin karkeamotorisen oppimisen ja unen välistä suhdetta. Katsausartikkelin perusteella voidaan todeta, että erityisesti nuorilla aikuisilla uni vaikuttaa positiivisesti karkeamotoriseen oppimiseen. Karkeamotorinen oppiminen ja uni ovat yhteydessä yleisen synaptisen muovautumisen kautta ja vaikuttavat siten toisiinsa. Monimutkaisen karkeamotorisen oppimisen todetaan olevan yhteydessä unen aikaiseen synapsien stabiloitumiseen. Nämä hyödyt on havaittu sekä implisiittisissä eli tiedostamattoman oppimisen sekä eksplisiittisissä eli tietoisien oppimisen tehtävissä.

Kingin ym. (2017) katsausartikkelissa (tutkimus 5) käytiin läpi tutkimuksia, jotka käsittelivät unen vaikutusta proseduraalisen muistin vahvistumiseen. Katsausartikkelin mukaan unella on jo kauan tiedetty olevan hyödyllinen rooli muistin vahvistumisessa. Unen aikana vastahankitut muistijäljet vahvistuvat. Unen tärkeä rooli on usein yhdistetty deklarativiseen muistijärjestelmään, mutta lukuisat tutkimukset ovat osoittaneet unen olevan tärkeässä roolissa myös proseduraaliselle muistille ja motorisen muistin alueille. Motorisen oppimisen on osoitettu tapahtuvan sekä valveilla että unen aikana. Katsausartikkelissa käsiteltyjen tutkimusten mukaan uni näyttää parantavan motorisen oppimisen vahvistumista etenkin silloin, kun tehtävä on riippuvainen hippokampuksen toiminnasta, esimerkiksi kun opitaan selkeää, alueellista, abstraktia tai monimutkaisempaa tietoa. Sitä vastoin unen rooli muiden kuin hippokampuksen välittävien tehtävien vakiinnuttamisessa on edelleen epäselvä. Katsausartikkelin mukaan NREM-uni sekä erityisesti unisukkulat ja hitaat aallot näyttävät olevan osallisena unesta riippuvissa motorisen oppimisen vakauttamisprosesseissa.

Vienin ym. (2019) tutkimuksen (tutkimus 6) tarkoituksena oli tutkia unen vaikutusta motorisen oppimisen vakiintumiseen. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää aivoalueiden rakenteellisten yhteyksien ja iän vaikutusta motorisen oppimisen vakiintumiseen. Koehenkilöiksi valittiin 13 tervettä keski-ikänsä 24,1-vuotiasta aikuista sekä 14 vanhempaa keski-ikänsä 62,2-vuotiasta aikuista.

Ennen tutkimusta koehenkilöiltä seulottiin kognitiiviseen toimintaan vaikuttavia tekijöitä, kuten neurologisia ja psyykkisiä häiriöitä, jotka voisivat vaikuttaa unenlaatuun tai motoristen taitojen oppimiseen. Kaikki osallistujat olivat oikeakätisiä, tupakoimattomia ja normaalipainoisia. Seulontaprosessin jälkeen kaikki osallistujat nukkuivat 90 minuutin päiväunet unilaboratoriossa tottuakseen ympäristöön. Seuraavana päivänä koehenkilöt suorittivat motorisen liikemallin tehtävän, jossa oppimisen testaamiseen käytettiin mukautettua versiota peräkkäisestä sormen napauttamistoiminnasta. Osallistujille opetettiin liikesarja etukäteen ja heitä vaadittiin harjoittelemaan liikesarjaa niin kauan, kunnes he pystyivät toistamaan sen kolme kertaa peräkkäin tekemättä virheitä. Tällä varmistettiin, että liikesarja muistettiin. Harjoituskertojen välissä koehenkilöt nukkuivat 90 minuutin päiväunet. Tehtävä testattiin koehenkilöiltä ennen unta ja unen jälkeen.

Tutkimustulokset laajentavat ymmärrystämme proseduraalisen muistin vakauttamisen taustalla olevista neurologisista prosesseista. Tutkimus osoittaa, että NREM-unen toisella vaiheella on tärkeä rooli motorisen liikesarjan oppimisessa ja muistin vahvistumisessa. Lisäksi tutkimus osoittaa, että unisukkuloiden lisääntynyt tiheys motoriseen oppimiseen liittyvillä aivokuoren alueilla on yhteydessä proseduraalisen muistin vakiintumiseen. Nämä hyödyt havaittiin iästä riippumatta.

Boutin ym. (2018) tutkimuksen (tutkimus 7) tarkoituksena oli selvittää proseduraalisen muistin vakauttamisen taustalla olevia tekijöitä unen aikana. Tutkimukseen osallistui 30 vapaaehtoista keski-ikältään 25,6-vuotiasta henkilöä, joista 20 oli naisia. Kaikki tutkimukseen osallistuneet henkilöt olivat oikeakätisiä ja tupakoimattomia. Osallistuneet eivät saaneet olla muusikkoja tai konekirjoittajia. Heillä ei ollut lääkityksiä, mielenterveysongelmia, mielialahäiriöitä tai unihäiriöitä. Lisäksi koehenkilöiden painoindeksi oli alle 25. Tutkimuksesta suljettiin pois osallistujat, jotka olivat vuorotyöntekijöitä tai jotka luokiteltiin äärimmäisiksi aamu- tai iltaihmisiksi. Lisäksi tutkimuksesta suljettiin pois osallistujat, joilla oli merkkejä liiallisesta päiväsaikaisesta uneliaisuudesta. Koehenkilöitä pyydettiin ylläpitämään säännöllinen nukkumaanmenon ja heräämisen sykli. Aikataulun noudattamista arvioitiin sekä nukkumispäiväkirjan että ranteessa olevan aktiivisuuskellon avulla.

Osallistujia pyydettiin myös pidättäytymään kaikista kofeiinia ja alkoholia sisältävistä juomista 24 tuntia ennen jaksoa sekä koko jakson ajan. Koehenkilöt vierailivat unilaboratoriossa kolme kertaa. Ensimmäisellä kerralla koehenkilöille tehtiin laaja unitutkimus, jonka aikana he totuttautuivat nukkumisympäristöön. Toisella ja kolmannella kerralla osallistujat toteuttivat sormien naputtelutehtävän kosketusnäytöllä. Ennen varsinaista testiä selvitettiin, että kaikki olivat oppineet testin. Varsinaisessa testissä toistettiin kolme aiemmin harjoiteltua sormennapautteluyhdistelmää. Mikäli liikesarjassa tuli virheitä, aloitettiin harjoitus alusta. Testi piti suorittaa mahdollisimman nopeasti ei-hallitsevalla kädellä. Jokainen koehenkilö nukkui harjoituksen jälkeen kaksi tuntia ja 15 minuuttia, jonka aikana unta seurattiin toiminnallisella magneettikuvauksella ja EEG:llä. Unen piti sisältää vähintään viisi minuuttia NREM-unen toista vaihetta. Tämän jälkeen koehenkilöt saivat jatkaa nukkumista unilaboratoriossa. Toisen ja kolmannen käyntikerran välissä pidettiin seitsemän päivän tauko, jolloin osallistujat saivat levätä.

Tutkimustulokset osoittavat, että NREM-unen toisella vaiheella on kriittinen rooli motoristen taitojen vakauttamisessa. Tutkimus osoittaa, että unisukkulat edistävät motoristen taitojen vahvistumista aktivoitumalla paikallisesti uudelleen ja sitoen tehtävän kannalta merkitykselliset aivoalueet, kuten hippokampuksen, putamenin, talamuksen ja motoriseen oppimiseen liittyvät aivokuoren alueet. Tämä tukee väitettä, että subkortikorkortikaalisten yhteyksien ilmentyminen unisukkuloiden aktivoitumisen kautta NREM-unen toisen vaiheen aikana edistää vasta hankittujen motoristen taitojen vakiintumista.

Fogelin ym. (2017) tutkimuksessa (tutkimus 8) selvitettiin motorisen oppimisen jälkeisen unen aikaisen proseduraalisen muistin uudelleenaktivoitumista ja yön aikana tapahtuvan suorituskyvyn paranemista. Tutkimukseen osallistui 30 tervettä oikeakätistä aikuista, joista 20 oli naisia. Koehenkilöiden ikä oli 20-35 vuotta. Henkilöt, jotka osallistuivat tutkimukseen, läpäisivät seulontakriteerit. Koehenkilöt suorittivat sormien naputtelutehtävän kosketusnäytöllä. Ennen varsinaista testiä oli harjoitustesti, jossa selvitettiin, että kaikki olivat oppineet testin. Varsinaisessa testissä toistettiin kolme aiemmin harjoiteltua sormennapautteluyhdistelmää. Mikäli liikesarjassa tuli virheitä, aloitettiin harjoitus alusta. Testi piti suorittaa mahdollisimman nopeasti ei-hallitsevalla kädellä.

Jokainen koehenkilö nukkui harjoituksen jälkeen kaksi tuntia, jonka aikana unta seurattiin toiminnallisella magneettikuvauksella ja EEG:llä. Unen piti sisältää vähintään viisi minuuttia NREM-unen toista vaihetta. Tämän jälkeen koehenkilöt saivat nukkua unilaboratoriossa normaalin yöunen.

Tiivistettynä tutkimustulokset osoittavat, että unisukkuloilla on suora yhteys unen aikaiseen muistijälkien uudelleenaktivoitumiseen. Striatumin eli aivojuovion unen aikainen aktivoituminen tukee motorisen liikesarjan oppimista. Unen aikana samat aivoalueet aktivoituvat, mutta hyödyt johtuvat siitä, että informaatio järjestäytyy ja organisoituu uudelleen unen aikana. Tämä johtuu unisukkuloiden uudelleenaktivoitumisesta harjoittelun jälkeisen unen aikana. Tästä johtuen suorituskyvyn on arvioitu paranevan seuraavana päivänä. Tutkimuksen perusteella ei osata sanoa tapahtuuko unisukkuloiden aktivoituminen N2-vaiheessa vai syvän perusunen vaiheissa. Tutkimustulokset osoittavat suoran yhteyden unisukkuloiden, proseduraalista muistia tukevien aivoalueiden, erityisesti striatumin unenaikaisen aktivoinnin ja suorituskyvyn paranemisen välillä. Tämä tarkoittaa merkittävää edistystä proseduraalisen muistin vakauttamiseen liittyvien prosessien ymmärtämisessä. Tutkimus osoittaa, että unen vaikuttava merkitys perustuu motorisen oppimisen aikana syntyneiden muistijälkien unenaikaiseen uudelleenaktivoitumiseen samoilla aivoalueilla.

Vahdatin ym. (2017) katsausartikkelin (tutkimus 9) tarkoituksena oli koota tutkimukset, jotka käsittelevät motorista oppimista valveilla sekä unen aikana. Tämän katsausartikkelin perusteella unella osoitetaan olevan tärkeä rooli unenaikaisessa muistin sekä motoristen taitojen vakauttamisessa. Yhdessä aikaisemman kirjallisuuden kanssa osoitetaan, että motoristen tehtävien oppiminen sekä suorituskkyky paranee unen aikana. Motorisen taidon oppiminen on huomattavasti merkityksellisempää unen aikana kuin valveilla.

Sugawaran ym. (2017) tutkimuksessa (tutkimus 10) selvitettiin päiväunien ja yöunien välistä eroa proseduraalisen muistin lujittumiselle. Tutkimukseen osallistui 21 naista ja 49 miestä. Koehenkilöiden keski-ikä oli 22 vuotta. Kaikki osallistujat olivat oikeakätisiä. Yhdelläkään osallistujista ei ollut aiempia neurologisia tai psyykkisiä sairauksia tai unihäiriöitä. Koehenkilöille teetettiin sormennapautustehtävä, jossa heidän piti ei-hallitsevalla vasemmalla kädellä



napauttaa MRI-skannerissa olevaa näppäimistöä niin nopeasti ja tarkasti kuin mahdollista. Koehenkilöt jaettiin kahteen ryhmään. Toinen ryhmä nukkui harjoituksen jälkeen 60 minuutin päiväunet ja toinen ryhmä nukkui kotonaan normaalit yöunet. Päiväuniryhmässä oli 13 osallistujaa ja yöuniryhmässä 47 osallistujaa. Päiväunien ajan hyödynnettiin toiminnallista magneettikuvausta sekä polysomnografiaa eli laajaa unitutkimusta. Koko yön nukkuvien ryhmässä unta seurattiin aktiivisuusrannekkeen avulla. Molemmilta ryhmiltä testattiin opittu taito uudelleen seuraavana päivänä hyödyntäen toiminnallista magneettikuvausta. Yksikään päiväuniryhmän osallistujista ei nukkunut REM-unta. Tutkimustulokset osoittavat motorisen tehtävän nopeuden paranevan molemmissa ryhmissä nukkumisen jälkeen. Tarkkuus parani kuitenkin huomattavasti enemmän koko yön nukkuneilla. Tutkimuksen mukaan ryhmien välisten erojen uskotaan johtuvan unen vaiheiden eroavaisuuksista. Tässä tutkimuksessa unen aikainen aivokuorukan aktivoituminen lisääntyy hieman koko yön nukkumisryhmässä. Päiväuniryhmässä sitä vastoin aivokuorukan aktiivisuus laskee. Tulos on siis parempi koko yön nukkujien ryhmässä, sillä he saavat hyödyt kaikista unen vaiheista.

Tuckerin ym. (2017) tutkimuksen (tutkimus 11) tarkoituksena oli selvittää unen ja valveillaolon vaikutusta motoristen taitojen oppimiseen. Tutkimukseen osallistui 16 tervettä 20-49-vuotiasta osallistujaa, joista naisia oli seitsemän ja miehiä yhdeksän. Kaikilla osallistujilla oli ainakin keskiasteen koulutus. Osallistujat suorittivat kaksi kahdeksan vuorokauden nukkumisjaksoa unilaboratoriossa. Ensimmäisen kahdeksan päivän jaksossa testattavat elivät normaalissa vuorokausirytmissä eli he nukkuivat öisin. Toisen jakson aikana testattavien vuorokausirythmi käännettiin päinvastaiseksi eli he nukkuivat päivisin. Molemmissa kahdeksan päivän jaksoissa testit suoritettiin päivien 5-7 aamuisin ja iltaisin. Päivät 1-4 oli tarkoitettu harjoitteluun ja laboratorio-olosuhteisiin totutteluun. Näiden kahden kahdeksan päivän jakson välissä oli kaksi viikkoa taukoa, jotta testattavat ehtivät palautumaan. Motorisen liikemallin testissä piti kirjoittaa viisi numeroisia sarjoja ei-hallitsevalla kädellä niin nopeasti kuin mahdollista. Osallistujilla oli 30 sekuntia aikaa kirjoittaa, jonka jälkeen oli 30 sekunnin tauko. Harjoituskertoja oli yhteensä 12. Testi toistettiin 12 tunnin välein päivien 5-7 aikana. Testien avulla mitattiin motoristen taitojen kehittymistä harjoituskertojen välillä.

Tutkimustulokset osoittavat, että nukkumisesta suoritusten välillä on merkittävä hyöty motoristen taitojen oppimisessa verrattuna valvomiseen suoritusten välissä. Testituloksissa ei havaita merkittävää eroa siinä tapahtuuko nukkuminen päivällä vai yöllä. Vuorokausirytmillä ei siten ole merkitystä unesta saataviin hyötyihin motorisessa oppimisessa.

Wenderothin (2018) katsausartikkelin (tutkimus 12) tarkoituksena oli koota tutkimukset, jotka käsittelevät unen merkitystä ja aivoalueiden toimintaa motoristen taitojen oppimisessa. Katsausartikkelissa esiteltyjen tutkimusten mukaan unesta on hyötyä motoristen taitojen vakiinnuttamiselle. Motorisen oppimisen huomattiin kehittyvän merkittävästi etenkin niissä ryhmissä, jotka pääsivät harjoittelun jälkeen nukkumaan kuin ryhmissä, jotka viettivät saman ajan hereillä. Tutkimusten perusteella proseduraalisen muistin vahvistuminen on erittäin riippuvaista NREM-unesta. Tutkimustulokset osoittavat, että unen aikaiset hyödyt liittyvät hitaan aivoaallon aktiivisuuteen sekä lisääntyneeseen unisukkuloiden aktiivisuuteen. Nämä muutokset tapahtuvat joko motorisella aivokuorella tai motoristen taitojen kannalta merkityksellisillä aivokuoren alueilla. Tutkimuksissa osoitetaan, että proseduraalisen muistin vahvistumista voidaan parantaa lisäämällä unisukkuloiden aktiivisuutta. Tutkimustulokset osoittavat, että proseduraalinen muisti vakiintuu NREM-unen toisessa vaiheessa, jolloin unisukkuloiden aktiivisuus lisääntyy merkittävästi. Tätä hyötyä ei havaita REM-unen aikana. Tutkimustulokset osoittavat, että motorisen aivokuoren neuronit muodostavat uuden motorisen taidon oppimisen aikana. Nämä neuronit aktivoituvat uudelleen oppimisen jälkeisen unen aikana yhdessä unisukkuloiden aktivoitumisen kanssa. Lisäksi NREM-uni näyttää liittyvän uusien tuojahaarakkeiden muodostumiseen, mikä on tärkeää motorisen oppimisen vakiintumiselle. REM-unen taas osoitetaan olevan välttämätön tehtävän kannalta merkityksellisten synapsien stabiloimiseksi ja tarpeettomien yhteyksien karsimiseksi.

## **6.2 Tutkimustulosten tarkastelu**

Tutkimustulokset ovat yksimielisiä unen merkittävistä hyödyistä motoriselle oppimiselle sekä proseduraalisen muistin vakiintumiselle unen aikana. Kingin ym.

(2017) katsausartikkelin (tutkimus 5) mukaan unen hyödyllinen rooli muistin vakiintumisessa on tiedetty jo kauan. Katsausartikkelissa tuoreiden muistijälkien todetaan vahvistuvan unen aikana. Motorinen oppiminen tapahtuu unen sekä valveillaolon aikana. Motorisen oppimisen osoitetaan vahvistuvan unen aikana. Vahdatin ym. (2017) tutkimustulokset (tutkimus 1) osoittavat, että uni tukee oppimisen aikana tehostuneen muistijäljen palautumista sekä muistijälkien aktiivista uudelleenjärjestäytymistä. Myös Bothen ym. (2019) tutkimustulokset (tutkimus 2) osoittavat unen hyödylliseksi motorisen oppimisen jälkeen. Unen tärkeä rooli korostuu kuitenkin, jos nukkumaan pääsee heti motorisen suorituksen jälkeen. Borrágánin ym. (2015) tutkimustulosten (tutkimus 3) perusteella harjoituksen jälkeinen uni tehostaa motorista oppimista, mutta unella ei osoiteta olevan edistävää hyötyä motoristen liikesarjojen järjestyksen muistamiseen. Christovan ym. (2018) katsausartikkelin (tutkimus 4) mukaan unella on positiivinen vaikutus etenkin nuorten aikuisten karkeamotoriseen oppimiseen.

Vahdatin ym. (2017) katsausartikkelin (tutkimus 9) mukaan unella on tärkeä rooli unenaikaisessa muistin sekä motoristen taitojen vakauttamisessa. Katsausartikkelin mukaan motorinen oppiminen sekä suorituskkyky paranevat unen aikana. Motorisen taidon oppimisen osoitetaan olevan huomattavasti merkityksellisempää unen aikana kuin valveilla. Sugawaran ym. (2017) tutkimustulokset (tutkimus 10) osoittavat motorisessa tehtävässä tarvittavan nopeuden paranevan sekä päiväunien että yöunien jälkeen, mutta tehtävässä tarvittava tarkkuus paranee kuitenkin huomattavasti enemmän yöunien jälkeen. Näiden erojen uskotaan johtuvan unen vaiheiden eroista päiväunien ja yöunien välillä. Tuckerin ym. (2017) tutkimuksen (tutkimus 11) mukaan nukkumisella motoristen tehtävien välissä on merkittävä hyöty motoristen taitojen oppimisessa verrattuna suoritusten väliseen valveillaoloon. Tutkimustulosten mukaan unesta saatavat hyödyt eivät ole riippuvaisia siitä nukkuuko päivällä vai yöllä. Wenderothin ym. (2018) katsausartikkelin (tutkimus 12) mukaan unesta todetaan olevan hyötyä motoristen taitojen vakiintumiselle. Motorisen oppimisen kehittymisen todetaan olevan merkittävämpää niissä ryhmissä, jotka pääsevät nukkumaan harjoittelun jälkeen verrattuna niihin ryhmiin, jotka ovat saman ajan valveilla.

Tutkimustuloksissa on eroavaisuuksia eri aivoalueiden hyödyistä motorisen oppimisen vakiintumiseen. Vahdatin ym. (2017) tutkimuksen (tutkimus 1) mukaan putamen eli aivokuorukka on tärkeässä roolissa muistijälkien vahvistumisessa NREM-unen aikana. Sugawaran ym. (2017) tutkimuksessa (tutkimus 10) nostetaan esille putamenin lisääntynyt aktivoituminen yöunien aikana, kun taas päiväunien aikana putamenin aktiivisuuden todetaan laskevan. Yöunet nukkuneiden todetaan selviytyvän tehtävästä paremmin, joten putamenin lisääntyneellä aktiivisuudella voi olla osuutta parempaan suoritukseen. Kingin ym. (2017) katsausartikkelissa (tutkimus 5) osoitetaan unen parantavan motorisen oppimisen vahvistumista varsinkin silloin, kun tehtävä on riippuvainen hippokampuksen toiminnasta, esimerkiksi oppiessa selkeää, alueellista, abstraktia tai monimutkaisempaa tietoa. Unen rooli muiden kuin hippokampuksen välittävien tehtävien vakiinnuttamisessa jää kuitenkin vielä epäselväksi. Christovan ym. (2018) tutkimuksen (tutkimus 4) perusteella uni ja karkeamotorinen oppiminen ovat yhteydessä yleisen synaptisen muovautumisen kautta ja vaikuttavat näin toisiinsa. Monimutkaisen karkeamotorisen oppimisen osoitetaan olevan yhteydessä unen aikaiseen synapsien stabiloitumiseen. Nämä hyödyt on todettu sekä tiedostamattoman että tietoisien oppimisen tehtävissä. Fogelin ym. (2017) tutkimuksessa (tutkimus 8) striatumin eli aivojuovion unen aikaisen aktivoitumisen todetaan tukevan motorista oppimista. Tutkimustulosten mukaan unisukkuloilla sekä proseduraalista muistia tukevilla aivoaluilla, erityisesti juuri striatumin unenaikaisella aktivoinnilla on suorayhteys suorituskyvyn paranemiseen. Fogelin ym. (2017) tutkimus osoittaaakin, että unen vaikutus perustuu motorisen oppimisen aikana syntyneiden muistijälkien uudelleenaktivoitumiseen samoilla aivoalueilla unen aikana.

Lähes jokaisessa tutkimuksessa nostetaan esille unisukkuloiden tärkeä hyöty motorisen oppimisen vakiintumisen kannalta. Bothen ym. (2019) tutkimuksessa (tutkimus 2) NREM-unen toisen vaiheen aikaisten unisukkuloiden aktivoitumisen todetaan olevan suoraan yhteydessä karkeamotorisen taidon oppimiseen. Kingin ym. (2017) katsausartikkeli (tutkimus 5) osoittaa NREM-unen ja erityisesti unisukkuloiden sekä hitaiden aaltojen olevan osallisena unen aikaisessa motorisen oppimisen vakiintumisessa. Myös Vienin ym. (2019) tutkimuksessa (tutkimus 6) todetaan unisukkuloiden lisääntyneen tiheyden motoriseen oppimiseen liittyvillä aivokuoren alueilla olevan yhteydessä proseduraalisen

muistin vakiintumiseen. Boutin ym. (2018) tutkimuksen (tutkimus 7) mukaan unisukkulat edistävät motoristen taitojen vahvistumista aktivoitumalla paikallisesti uudelleen ja sitoen yhteen tehtävän kannalta oleelliset aivoalueet, kuten hippokampuksen, putamenin, talamuksen ja muut motoriseen oppimiseen liittyvät aivoalueet. Tutkimuksen mukaan subkortikaalisten yhteyksien ilmentyminen unisukkuloiden aktivoitumisen kautta NREM-unen toisen vaiheen aikana edistää uusien motoristen taitojen vakiintumista. Myös Fogelin ym. (2017) tutkimuksen (tutkimus 8) mukaan unisukkuloilla on suora yhteys unen aikaiseen muistijälkien aktivoitumiseen. Tutkimuksen mukaan unen aikana motorisen oppimisen aikaiset aivoalueet aktivoituvat uudelleen, mutta unen hyötyjen todetaan johtuvan tiedon järjestäytymisestä ja uudelleenorganisoinnista. Tutkimuksen mukaan tämä johtuu unisukkuloiden uudelleenaktivoitumisesta harjoittelun jälkeisen unen aikana. Tämän uskotaan olevan yhteydessä suorituskyvyn paranemiseen seuraavana päivänä. Wenderothin ym. (2018) katsausartikkeli (tutkimus 12) on samaa mieltä unen hyödyistä. Unen hyödyt liitetään hitaan aivoaallon aktiivisuuteen sekä lisääntyneeseen unisukkuloiden aktiivisuuteen. Näiden todetaan tapahtuvan joko motorisella aivokuorella tai motoristen taitojen kannalta merkityksellisillä aivokuoren alueilla. Katsausartikkelin mukaan unisukkuloiden lisääntyneellä aktiivisuudella on yhteys proseduraalisen muistin vakiintumiseen. Lisäksi Wenderothin ym. (2018) katsausartikkelissa todetaan, että motorisen aivokuoren neuronit muodostavat uuden motorisen taidon oppimisen aikana. Oppimisen jälkeisen unen aikana näiden neuronien todetaan aktivoituvan uudelleen yhdessä unisukkuloiden aktivoitumisen kanssa.

Suurin osa tutkimuksista nostaa esille NREM-unen tärkeän roolin motorisen oppimisen vakiintumisessa. Vahdatin ym. (2017) tutkimustulokset (tutkimus 1) osoittavat NREM-unen olevan keskeisessä roolissa muistijälkien vakiintumisessa. Wenderothin ym. (2018) tutkimustuloksista (tutkimus 12) käy ilmi, että NREM-uni liittyy uusien tuojahaarakkeiden muodostumiseen, mikä on tärkeää motorisen oppimisen vakiintumiselle. REM-unen taas osoitetaan olevan välttämätön motorisen tehtävän kannalta merkityksellisten synapsien stabiloimiseksi ja tarpeettomien yhteyksien karsimiseksi.

Osa tutkimuksista osoittaa NREM-unen toisen vaiheen olevan tärkeässä roolissa proseduraalisen muistin vakiintumiselle. Bothen ym. (2019) tutkimuksen (tutkimus 2) mukaan NREM-unen toisen vaiheen aikaisten unisukkuloiden aktivoituminen on suoraan yhteydessä karkeamotorisen taidon oppimiseen. Myös Vienin ym. (2019) tutkimus (tutkimus 6) osoittaa NREM-unen toisen vaiheen olevan tärkeässä roolissa motorisen liikesarjan oppimisessa sekä muistin vakiintumisessa. Boutin ym. (2018) tutkimustulokset (tutkimus 7) osoittavat NREM-unen toisen vaiheen kriittisen roolin motoristen taitojen vakauttamisessa. Fogelin ym. (2017) tutkimuksen (tutkimus 8) mukaan ei osata sanoa tapahtuuko unisukkuloiden aktivoituminen NREM-unen toisen vaiheen vai syvän unen aikana. Wenderothin ym. (2018) tutkimustulokset (tutkimus 12) osoittavat proseduraalisen muistin vakiintumisen tapahtuvan NREM-unen toisessa vaiheessa, jolloin unisukkuloiden aktiivisuuden todetaan lisääntyvän merkittävästi. Tätä samaa hyötyä ei havaita REM-unen aikana.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella unella on monia positiivisia vaikutuksia, jotka vaikuttavat kokonaisvaltaisesti hyvinvointiin. Unen aikana aivot puhdistuvat ja lujittavat muistia, kudosaauriot korjaantuvat, kasvuhormonia erittyy ja aivojen energiavarastot täydentyvät (Tuomilehto 2019, 27). Uni korjaa soluvaurioita sekä vahvistaa hermosolujen välisiä kytköksiä varsinkin muistille tärkeillä aivoalueilla (Lönnqvist ym. 2019). Uni jaetaan silmänliikkeiden perusteella NREM-uneen eli syvään perusuneen sekä REM-uneen eli vilkeuneen. NREM-uni jaetaan kolmeen vaiheeseen, jotka ovat N1-, N2- ja N3-unen vaiheet. (Purves ym. 2017, 651 - 654.)

Tämän kirjallisuuskatsauksen mukaan muistijäljen syntymisessä keskeisenä tekijänä on synapsien valikoiva vahvistuminen ja heikkeneminen sekä uusien synapsien synty. Unen aikana vahvat synapsit lujittuvat ja heikot karsiutuvat (Erkinjuntti ym. 2015). Kirjallisuuden sekä tutkimusten mukaan unen aikana valveilla syntyneiden muistijälkien aktivoituminen sekä uudelleenjärjestäytyminen ovat perustana unen oppimista edistävälle vaikutukselle.

Kirjallisuuskatsauksessa esitetyt tutkimustulokset sekä kirjallisuus ovat yksimielisiä unen aikaisista hyödyistä oppimiselle. Tutkimustulosten mukaan unella on merkittävä rooli motorisessa oppimisessa sekä proseduraalisen muistin vakiintumisessa unen aikana. Kirjallisuudessa ja tutkimustuloksissa ilmenee kuitenkin eroavaisuuksia unen eri vaiheiden merkityksestä oppimisen vakiintumiseen. Kirjallisuudessa Purvesin ym. (2017) ja Marshalin & Bornin (2007) mukaan REM-uni on tärkeässä roolissa proseduraalisen muistin lujittumisessa, kun taas NREM-uni deklarativisen muistin lujittumisessa. Kirjallisuudessa Tuomilehdon (2019) mukaan REM-unen aikana aivot prosessoivat päivän aikana saatuja tietoja, poistavat turhaa tietoa ja vahvistavat tarpeellista tietoa. Wenderothin (2018) tutkimuksessa taas osoitetaan REM-unen olevan välttämätön tehtävän kannalta merkityksellisten synapsien stabiloimiseksi ja tarpeettomien yhteyksien karsimiseksi. Suurin osa tutkimuksista osoittaa kuitenkin NREM-unen olevan tärkeässä roolissa motorisen oppimisen ja proseduraalisen muistin vakiintumisessa. Lisäksi lähes jokaisessa tutkimuksessa

korostetaan NREM-unen aikaisten unisukkuloiden tärkeää hyötyä motorisen oppimisen vakiintumisen kannalta. Myös kirjallisuus osoittaa unisukkuloiden merkittävän hyödyn oppimisen vakiintumiselle.

Osa tutkimuksista osoittaa NREM-unen toisen vaiheen ja siinä esiintyvien hitaiden aaltojen olevan oleellisia proseduraalisen muistin vakiinnuttamisessa ja vaikuttavan näin motoriseen oppimiseen (Bothe ym. 2019, Vien ym. 2019, Bout ym. 2018, Wenderoth ym. 2018). Kirjallisuus on samaa mieltä NREM-unen toisen vaiheen sekä unisukkuloiden hyödyistä oppimisen vakiintumiselle. Himasen & Toppilan (2018) mukaan NREM-unen toisessa vaiheessa päivän aikana opitut asiat siirtyvät lyhytkestoisesta muistista pitkäkestoiseen muistiin. Tämän mahdollistaa unisukkuloiden aiheuttama kesto vahvistuminen aivokuoren ylimmän kerroksen hermoverkoissa.

Kirjallisuuskatsauksessa tutkimusten sekä kirjallisuuden välillä on eroavaisuuksia eri aivoalueiden hyödyistä motorisen oppimisen vakiintumiseen. Useimmissa tutkimuksissa mainitaan pintapuolisesti eri aivoalueiden hyödyistä. Osa tutkimuksista korostaa hippokampuksen merkitystä proseduraalisen muistijäljen sekä motorisen oppimisen vakiintumisessa. Kirjallisuudessa esimerkiksi Erkinjuntin ym. (2015) mukaan hidasaaltouksen aikana hippokampuksessa esiintyvien unisukkuloiden aikana aivokuoren hermosolut aktivoituvat hippokampussolujen kanssa samanaikaisesti. Tämä hippokampuksen ja aivokuoren välinen yhteys mahdollistaa muiston siirtymisen hippokampuksen väliaikaisesta varastosta aivokuorelle. Kirjallisuudessa Capellinin ym. (2009) mukaan NREM-unen ja REM-unen aikana aktivoituvan manteliumakkeen, hippokampuksen sekä isoaivojen kuorikerroksen sekä näiden välisen tiedonsiirron avulla unenaikaiset muistijäljet lujittuvat. Tutkimusten mukaan unisukkulat edistävät motoristen taitojen vahvistumista aktivoitumalla paikallisesti uudelleen ja sitoen yhteen tehtävän kannalta oleelliset aivoalueet, kuten hippokampuksen, putamenin, talamuksen ja muut motoriseen oppimiseen liittyvät aivoalueet.

Tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan todeta, että uni vaikuttaa kokonaisvaltaisesti proseduraalisen muistin vakiintumiseen ja motoriseen oppimiseen. Motorinen oppiminen on huomattavasti merkityksellisempää unen



aikana kuin valveilla. Motorisen suorituksen jälkeisen unen todetaan olevan tärkeää motorisen oppimisen vakiintumisen kannalta. Oppimisen aikana tehostuneet muistijäljet uudelleenaktivoituvat ja -järjestäytyvät unen aikana vahvistaen motorisen oppimisen vakiintumista. REM-unen sekä NREM-unen molempien uskotaan olevan hyödyllisiä motorisen oppimisen vakiintumiselle. Uusimpien tutkimusten mukaan kuitenkin NREM-unen merkitys korostuu motorisen oppimisen vakiintumisessa. Uutena tietona kirjallisuuskatsaus osoittaa NREM-unen toisen vaiheen ja etenkin hitaiden aivoaaltojen sekä unisukkuloiden lisääntyneen aktiivisuuden merkittävän hyödyn motorisen oppimisen unenaikaiselle vakiintumiselle.

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli koota tietoa ja lisätä fysioterapian ammattilaisten ja opiskelijoiden sekä muiden aiheesta kiinnostuneiden tietämystä unen vaikutuksista motorisen oppimisen vakiintumiseen. Tarkoituksena oli tuottaa kuvaileva kirjallisuuskatsaus Jyväskylän yliopiston aivotutkimuskeskukselle. Opinnäytetyön etenemistä ohjaavia kysymyksiä olivat: Mikä on unen merkitys? Mitkä ovat unen eri vaiheet? Miten opittu tieto ja taito tallentuvat muistiin? ja Miten motorinen oppiminen vakiintuu unen aikana?

Mielestämme saavutimme opinnäytetyön tavoitteen. Opinnäytetyö vastasi kaikkiin sille asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Kokosimme kirjallisuuteen ja uusimpiin tutkimuksiin perustuvaa tietoa motorisen oppimisen vakiintumisesta unen aikana. Lähteinä käytimme mahdollisimman uusia aihetta käsitteleviä aineistoja. Tutkimuskysymyksiin saatujen vastausten luotettavuutta lisäsi tutkimustulosten samankaltaisuus sekä tutkimusten kansainvälisyys. Opinnäytetyöprosessin myötä opimme hyödyntämään tieteellisiä tekstejä niin suomeksi kuin englanniksikin sekä soveltamaan niistä löydettyä tietoa tutkimuskysymysten ratkaisemiseksi. Opimme lukemaan tutkimuksia ja artikkeleita kriittisemmin työtä tehdessä. Lähteiden luotettavuutta arvioimme taustan ja metodien perusteella. Suhtauduimme kriittisesti esimerkiksi Boutin ym. (2018) tutkimukseen (tutkimus 7), jossa unta oli tutkittu aktiivisuuskellon avulla. Tämä herätti kysymyksen sen luotettavuudesta tutkimusmenetelmänä.

Aluksi tietokantoihin perehtyminen sekä tiedonhakuprosessi tuntuivat haastavilta. Pohdimme pitkään, mitä hakusanoja käyttäisimme kussakin valitussa tietokannassa. Lopulta koimme, että käyttämämme hakusanat antoivat meille aiheemme kannalta sopivimmat tutkimukset. Halusimme koota opinnäytetyön tutkimusaineiston uusimpien tutkimusten pohjalta, minkä vuoksi rajasimme julkaisuvälin viiteen vuoteen. Tietoa etsiessä huomasimme, että aihetta käsittelevää aineistoa löytyi pääosin vain ulkomaalaisista tutkimuksista. Suomenkielisistä lähteistä löytyi paljon tutkimuksia unesta sekä motorisesta oppimisesta, mutta näiden välistä yhteyttä ei niinkään oltu käsitelty.

Aihe osoittautui jo alkuvaiheessa haastavaksi, sillä monet tutkimukset syventyivät aiheeseen hyvin yksityiskohtaisesti. Huomasimme heti alussa, että tutkimuksiin perehtyminen ja englanninkielisten asiasanojen ymmärtäminen vie aikaa. Hyviä tutkimuksia aiheesta kuitenkin löytyi työhömmä reilusti. Valikoimme alkuperäistutkimusten lisäksi mukaan myös muutaman uuden katsausartikkelin, johon oli kerätty yhteenveto useammista aiemmista tutkimuksista, jotta saimme lisää todisteita unen hyödyistä.

Tavoitteenamme oli tuoda tutkimusten avulla todisteita unen hyödyistä motoriselle oppimiselle. Emme tuoneet työhön liian tarkkoja neurologisia asiasanoja emmekä tarkkoja tieteellisiä termejä, vaan pidimme työn mahdollisimman selkeänä ja helposti ymmärrettävänä. Halusimme käsitellä aihetta yleisemmällä tasolla, mutta tämä osoittautui haasteeksi työn laajuuden vuoksi. Myös työn taustatiedon hakeminen oli aikaa vievää, sillä varsinaisesta aiheestamme ei ollut paljoakaan valmiiksi koottua tietoa. Aihe koottiin ja rajattiin alusta asti itse ja työn rakenne muovautui pikkuhiljaa muuttuen matkalla moneen kertaan. Unesta ja motorisesta oppimisesta löytyy paljon tietoa sekä tutkimuksia, mutta niiden yhteys vaikuttaisi olevan vielä melko uusi tutkimuskohde.

Aiheen rajaaminen oli yksi opinnäytetyön haastavimmista osuuksista, jonka vuoksi aikataulumme lopulta venyi. Jo opinnäytetyön kirjoitusprosessin alussa huomasimme opinnäytetyösuunnitelman olevan hieman sekava sen laajuuden vuoksi. Tämä vaikeutti varmasti osaltaan tiedonhaun sekä etenkin kirjoitusprosessin etenemistä. Aiheen tarkemman rajauksen jälkeen kirjoitusprosessi alkoi sujumaan paremmin. Kirjallisuuskatsauksen toteuttaminen tuntui alkuun hankalalta, sillä sen tekeminen oli meille uutta. Työtä kirjoittaessa ja aiheeseen paremmin paneutuessa tämä alkoi kuitenkin tuntua helpommalta. Saatuaamme opinnäytetyön valmiiksi, olimme erittäin tyytyväisiä, että teimme työn kirjallisuuskatsauksen muodossa. Uskomme että saimme kirjallisuuskatsauksen avulla työn aiheesta enemmän tietoa kuin mitä olisimme saaneet jollakin muulla tutkimusmenetelmällä.

Tutkimustulokset osoittautuivat osittain samankaltaisiksi, mutta niiden välillä esiintyi kuitenkin myös jonkin verran vaihtelua. Osa tarkastelemistamme tutkimuksista käsitteli unenaikaista motorisen oppimisen vakiintumista

yleisemmällä tasolla, kun taas osa pureutui aiheeseen syvällisemmin. Tutkimuksissa käytetyt menetit olivat myös samankaltaisia. Useimmissa tutkimuksissa tutkittiin motorisen oppimisen vakiintumista unen aikana sormien naputtelutehtävän avulla. Myös otantaryhmä oli useissa tutkimuksissa yhtenevä. Koehenkilöt olivat perusterveitä, normaalipainoisia, tupakoimattomia ja saman kätisiä miehiä sekä naisia. Tutkimusten samankaltaisuuden vuoksi halusimme esitellä käsittelemämme tutkimukset yksitellen, jotta ne eivät sekoittuisi keskenään. Koemme, että tämä lisää opinnäytetyömme luotettavuutta. Tutkimusten tarkka esittely ja vertailu tuo jonkin verran toistoa työhömmme, mutta mielestämme se oli aiheemme kannalta oleellista.

Opinnäytetyön työmäärä jakautui välillämme tasaisesti. Teimme yhdessä tiedonhankinnan sekä kävimme kaikki tutkimukset yhdessä läpi. Tutkimukset olivat englanninkielisiä ja koimme luotettavammaksi käydä ne yhdessä läpi varmistaaksemme niiden oikein ymmärryksen. Kahdestaan työskentely oli toimivaa, sillä syvennyimme työhön paremmin kuin mitä olisimme syventyneet, jos olisimme jakaneet työn puoliksi. Koimme, että yhdessä pohtimisesta oli suuri hyöty työn kannalta, sillä pystyimme jakamaan ajatuksia koko ajan tietoa selvittäessä sekä työtä kirjoittaessa. Näin pysyimme molemmat ajan tasalla työssä käsiteltävien aiheiden, työn rakenteen sekä etenemisen suhteen.

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen, sillä nykypäivänä monet ovat valmiita ottamaan selvää elintapoihin liittyvistä asioista oman hyvinvointinsa vuoksi. Tämän myötä monet haluavat myös muuttaa omia elintapojaan paremmiksi, kuten juuri unen laatuun liittyvissä tekijöissä. Uutiset, sosiaalinen media ja televisio-ohjelmat tuovat jatkuvasti esiin unen tuomia hyötyjä sekä unettomuuden vaikutuksia ihmisten henkiseen sekä fyysiseen hyvinvointiin. Uskomme myös tämän takia aiheen olevan ajankohtainen, sillä uni ja siihen liittyvät asiat ovat paljon pinnalla sekä esiintyvät keskustelunaiheina.

Uusien liiketaitojen sekä suoritustapojen ohjaaminen sekä opettaminen on isossa osassa fysioterapeutin työtä. Etenkin nykypäivänä fysioterapeutin työ koostuu yhä enemmän ohjaamisesta manuaalisen terapian lisäksi. Mikäli tavoitteena on, että asiakas oppii uutta tai muuttaa vanhaa toimintatapaansa, terapeutin on tärkeä ajatella fysioterapia oppimistilanteena. Fysioterapian voidaan ajatella

olevan yksi osa motorisen oppimisen prosessia, vaikkakin tämä prosessi jatkuu vielä terapiakäynnin jälkeenkin. Tutkimusten perusteella unen on todettu olevan tärkeässä osassa tässä motorisen oppimisen prosessissa.

Ohjatessa harjoituksia, kuten asennonhallintaa tai lihasvoimaa vahvistavia liikkeitä, tarkoituksena on, että asiakas oppii nämä taidot. Kun asiakas oppii fysioterapiassa ohjatut harjoitteet, hän osaa toteuttaa niitä myös kotonaan. Näin fysioterapiasta tulee vaikuttavampaa, kun harjoittelu jatkuu myös kotona. Fysioterapia ei ole yksinomaan fysioterapeutin tai asiakkaan vastuulla. Fysioterapiakäynti on vain pieni osa oppimisprosessia, jonka jälkeen prosessi jatkuu. Oppimisprosessi jatkuu asiakkaan harjoitellessa säännöllisesti fysioterapiakäynnin jälkeen. Unella on tärkeä rooli tässä oppimisprosessissa, sillä opitut asiat vakiintuvat unen aikana. Kaikki asiakkaat eivät välttämättä tiedosta unen merkittävää vaikutusta oppimiseen. Tämän vuoksi fysioterapeutin on ammattilaisena hyvä tiedostaa unen rooli oppimisessa ja osata näin kertoa asiakkaalle unen merkityksestä sekä uneen vaikuttavista tekijöistä.

NREM-uni on tärkeässä roolissa motorisen oppimisen vakiintumisessa. Jos asiakas ei nuku riittävästi niin motorisen oppimisen prosessi voi kärsiä. Fysioterapian vaikuttavuuden voidaan ajatella heikkenevän, mikäli motorisen oppimisen prosessi ei etene toivotulla tavalla. Fysioterapian kannalta uni on siten tärkeässä roolissa. Unen merkitys korostuu myös huonosti nukutun yön jälkeisenä päivänä. Jos asiakas on nukkunut huonosti siitä voi seurata väsymystä, kognition heikkenemistä sekä mielialan laskua. Fysioterapiakäynnillä tämä voi ilmetä muun muassa keskittymisen ja ohjauksen ymmärtämisen vaikeutena, mikä voi hankaloittaa fysioterapian tavoitteiden toteutumista.

Opinnäytetyön tekeminen antoi meille paljon uutta tietoa laajasti työssämme käsitellyistä aiheista. Se antoi ammattimme kannalta hyödyllistä tietoa ja tulemmekin varmasti hyödyntämään prosessin aikana oppimaamme käytännön työssä. Tulemme korostamaan asiakkaillemme unen merkitystä ja sen vaikutuksia fysioterapiaan ja motoriseen oppimiseen.

Opinnäytetyöllämme on lukuisia jatkotutkimusmahdollisuuksia, sillä emme käsitelleet aiheitamme tarkemmin kuntoutuksen tai minkään tietyn sairauden

näkökulmasta. Jatkossa aihetta voitaisiin tutkia esimerkiksi aivoverenkiertohäiriön sairastaneen potilaan kuntoutuksen näkökulmasta, tarkastellen unen merkitystä motorisessa uudelleen oppimisessa. Unenaikainen motorisen oppimisen vakiintuminen on kuitenkin joltain osin vielä epäselvää ja aihetta tullaan varmasti tutkimaan lisää myös jatkossa.

## LÄHTEET

Aronen, A-M., Hirn, K., Huutoniemi, A., Partinen, M., Partonen, T., Pihl, S., Saarenpää-Heikkilä, O., Saarijärvi, P., Sved, Gabriele. & Tyrkkö, M. Hyvä uni. Uniliitto ry:n jäsen -ja tiedotuslehti Uniutiset. 2/2019. Uniliitto ry. Luettu 21.7.2020. <https://www.uniliitto.fi/wp-content/uploads/2019/06/Uniutiset-2-2019.pdf>

Borragán, G., Urbain, C., Schmitz, R., Mary, A. & Peigneux, P. 2015. Sleep and memory consolidation: Motor performance and proactive interference effects in sequence learning. *Brain and Cognition*, 95, 54 - 61.

Bothe, K., Hirschauer, F., Wiesinger, H-P., Edfelder, J., Gruber, G., Hoedlmoser, K. & Birklbauer, J. 2019. Gross motor adaptation benefits from sleep after training. *Journal of Sleep Research*. DOI:10.1111/jsr.12961.

Boutin, A., Pinsard, B., Boré, A., Carrier, J., Fogel, S-M. & Doyon, J. 2018. Transient synchronization of hippocampo-striato-thalamo-cortical networks during sleep spindle oscillations induces motor memory consolidation. *NeuroImage*, 169, 419 - 430.

Capellini, I., McNamara, P., Preston, B., Nunn, C. & Barton, R. Does sleep play a role in memory consolidation? A comparative test. *PLoS One* 2009;4(2):e4609.

Chase, M. 2013. Motor control during sleep and wakefulness: Clarifying controversies and resolving paradoxes. *Sleep Medicine Reviews*, 17 (4), 299 - 312. DOI:10.1016/j.smr.2012.09.003

Chee, M. & Chuah, L. 2007. Functional neuroimaging and behavioral correlates of capacity decline in visual short-term memory after sleep deprivation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 104(22), 9487 - 9492.

Cherry, K. 2020. Procedural memory and performing daily actions. Päivitetty 10.05.2020. Luettu 7.8.2020. <https://www.verywellmind.com/what-is-procedural-memory-2795478>

Christova, M., Aftenberger, H., Nardone, R. & Gallash, E. 2018. Adult gross motor learning and sleep: is there a mutual benefit? *Neural Plasticity*, 1 - 12.

Cirelli, C. 2009. The genetic and molecular regulation of sleep: from fruit flies to humans. *Nature reviews neuroscience*. 10, 549 - 560.

Conte, F. & Ficca, G. 2013. Caveats on psychological models of sleep and memory: a compass in an overgrown scenario. *Sleep Medicine Reviews*. 17(2), 105 - 121.

Diekelmann, S., Wilhelm, I. & Born, J. 2009. The whats and whens of sleepdependent memory consolidation. *Sleep Medicine Reviews*. 13(5), 309 - 321.

- Eriksson, S. 2013. Non-REM parasomnias. Päivitetty 2018. Luettu 29.9.2020. <http://www.uclh.nhs.uk/PandV/PIL/Patient%20information%20leaflets/Non-REM%20Parasomnias.pdf>
- Erkinjuntti, T., Hietanen, M., Kivipelto, M., Strandberg, T. & Huovinen, M. 2009. 1. painos. Pidä aivosi kunnossa. Juva: WS Bookwell Oy.
- Erkinjuntti, T., Remes, A., Rinne, J. & Soininen, H. 2015. Muistisairaudet. E-kirja. Kustannus Oy Duodecim. Luettu 29.5.2020. <https://www.oppiportti.fi/op/opk04602>
- Floyer-Lea, A. & Matthews, P. 2004. Changing brain networks for visuomotor control with increased movement automaticity. *Journal of Neurophysiology*, 92(4), 2405 - 2412. DOI:10.1152/jn.01092.2003
- Fogel, S., Abouy, G., King, B-R., Lungu, O., Vien, C., Bore, A., Pinsard, B., Benali, H., Carrier, J. & Doyon, J. 2017. Reactivation or transformation? Motor memory consolidation associated with cerebral activation time-locked to sleep spindles. *PLOS ONE*, 12(4), e0174755.
- Gallahue, D. L., Ozmun, J. C. & Goodway J. D. 2012. Understanding motor development: infants, children, adolescents, adults. McGraw-Hill. New York.
- Hallikainen, M., Immonen A., Mönkäre R. & Pihlakari, P. 2019. Muistisairaahan hoito. E-kirja. Kustannus oy Duodecim. Luettu 20.5.2020 <https://www.oppiportti.fi/op/opk04629>
- Himanen, S-L. & Toppila, J. 2018. Kliininen neurofysiologia. E-kirja. Kustannus Oy Duodecim. Luettu 2.6.2020. <https://www.oppiportti.fi/op/knf00001/do>
- Hublin, C. & Partinen, M. 2015. Neurologia. Oppiportti. E-kirja. Kustannus Oy Duodecim. Luettu 2.6.2020. <https://www.oppiportti.fi/op/neu00001/do>
- Jaakkola, T. 2010. Liikuntataitojen oppiminen ja taitoharjoittelu. PS-Kustannus. Jyväskylä.
- Kangasniemi, M., Utriainen, K., Ahonen, S-M., Pietilä, A-M., Jääskeläinen, P. & Liikanen, E. 2013. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus: eteneminen tutkimuskysymyksestä jäsennettyyn tietoon. *Hoitotiede* 25, 291 - 301.
- Kauppila, R. 2015. 1. painos. Muistin tehostaminen. Jyväskylä: PS-kustannus.
- King, B-R., Hoedlmoser, K., Hirschauer, F., Dolfen, N. & Albouy, G. 2017. Sleeping on the motor engram: The multifaceted nature of sleep-related motor memory consolidation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 80, 1 - 22.
- Kuula, K. 2019. Nuori nukkuu myrskyn silmässä. *Lääkärilehti*. 43/2019. Luettu 15.8.2020. <https://www.laakarilehti.fi/tieteessa/katsausartikkeli/nuori-nukkuu-myrskyn-silmassa/?public=05f76d66df50d8cb619eea877319d17f>



Lönnqvist, J., Henriksson, M., Marttunen, M. & Partonen, T. 2019. Psykiatria. E-kirja. Kustannus oy Duodecim. Luettu 20.5.2020. <https://www.oppoportti.fi/op/opk04497>

Marshall, L. & Born, J. 2007. The contribution of sleep to hippocampusdependent memory consolidation. Trends in Cognitive Sciences. 11(10), 442 - 450.

Muistiliitto. 2017. Muistin toiminta. Luettu 4.8.2020. <https://www.muistiliitto.fi/fi/aivot-ja-muisti/muistin-toiminta>

Paavilainen, P. 2016. 1. painos. Toimivat aivot. Kognitiivisen neurotieteen perusteita. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Pace-Schott, E., Hutcherson C., Bemporad, B., Morgan, A., Kumar, A., Hobson, J. & Stickgold, R. 2009. Failure to find executive function deficits following one night's total sleep deprivation in university students under naturalistic conditions. Behavioral sleep medicine. 7(3), 136 - 163.

Partinen, M. & Huovinen M. 2007. Terve uni. Vantaa: Dark Oy.

Partonen, T. 2017. Mitä nukahtamisen jälkeen tapahtuu? Terveyskirjasto Duodecim. Luettu 02.06.2020. [https://www.terveyskirjasto.fi/kotisivut/tk.koti?p\\_artikkeli=lis00205](https://www.terveyskirjasto.fi/kotisivut/tk.koti?p_artikkeli=lis00205)

Partonen, T. 2020. Vireys, väsymys ja suorituskyky. Duodecim Terveyskirjasto. Päivitetty 24.3.2020. Luettu 19.07.2020.

Partonen, T. 2015. Vuorokausirytmii ja unen säätely. Käypä hoito. Duodecim. Päivitetty 03.12.2015. Luettu 08.05.2020. <https://www.kaypahoito.fi/nix01062>

Purtsi, J. 2006. Motorinen oppiminen 55-78-vuotiailla. Liikuntatieteiden laitos. Jyväskylän yliopisto. Pro gradu-tutkielma. [https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/9349/1/URN\\_NBN\\_fi\\_jyu-2006203.pdf](https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/9349/1/URN_NBN_fi_jyu-2006203.pdf)

Purves, D., Augustine, G., Fitzpatrick, D., Hall, W., LaMantia, A-S., Mooney, R. & Platt, M. 2017. Neuroscience. 6. painos. Sinauer Associates Oxford University Press Inc. Oxford.

Salakari, H. 2007. Taitojen opetus. Saarijärven offset. Saarijärvi.

Sallinen, M. 2015. Uni, muisti ja oppiminen. Jyväskylän yliopisto. Luettu 24.5.2020. <https://docplayer.fi/63862749-Uni-muisti-ja-oppiminen.html>

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Vaasan yliopiston julkaisuja. Luettu 21.04.2020. [https://www.univaasa.fi/materiaali/pdf/isbn\\_978-952-476-349-3.pdf](https://www.univaasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf)

Schmidt, Richard. 1988. Motor control and learning. 2. painos. Champaign, Human Kinetics.

Schmidt, Richard. & Wrisberg, Craig. 2000. Motor learning & performance. 2. painos. Champaign, Human Kinetics.

Stenberg, T. 2019. Elimistön fysiologiaa unen aikana. Duodecim. 135(9), 831 - 837. Luettu 21.5.2020. <https://www.duodecimlehti.fi/duo14897>

Sugawara, S-K., Koike, T., Kawamichi, H., Makita, K., Hamano, Y-H., Takahashi, H-K., Nakagawa, Eri. & Sadato, N. 2018. Qualitative differences in offline improvement of procedural memory by daytime napping and overnight sleep: An fMRI study. Neuroscience Research, 132, 37 - 45.

Suomen fysioterapeutit. Ohjaus- ja neuvontaosaaminen. Luettu 10.08.2020. <http://www.suomenfysioterapeutit.com/ydinosaaaminen/ammattillinen-osaaminen/ohjaus-ja-neuvontaosaaminen.html>

Toppila, J. 2018. Uni ja unen neurobiologia. Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri. Luettu 29.9.2020. <http://www.knf-hoitajat.org/wp-content/uploads/2018/05/Unen-neurobiologia.pdf>

Toth, L-A. & Bhargava, P. 2013. Animal models of sleep disorders. Comp Med. 63(2), 91 - 104.

Tucker, M-A., Morris, C-J., Morgan, A., Yang, J., Myers, S., Pierce, J-G., Stickgold, R. & Scheer F-A. 2017. The relative impact of sleep and circadian drive on motor skill acquisition and memory consolidation. Sleep, 40(4).

Tuomilehto, H. 2019. Nukkumalla menestykseen. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Vahdat, S., Albouy, G., King, B., Lungu, O. & Doyon, J. 2017. Editorial: Online and offline modulators of motor learning. Frontiers in human neuroscience, 11, 69.

Vahdat, S., Fogel, S., Benali, H. & Doyon, J. 2017. Network-wide reorganization of procedural memory during NREM sleep revealed by fMRI. University of Ottawa, Kanada. eLife. <https://elifesciences.org/articles/24987>

Vien, C., Boré, A., Boutin, A., Pinsard, B., Carrier, J., Doyon, J. & Fogel, S. 2019. Thalamo-cortical white matter underlies motor memory consolidation via modulation of sleep spindles in young and older adults. Neuroscience, 402, 104 - 115.

Wamsley, E-J. & Stickgold, R. 2011. Memory, sleep and dreaming: experiencing consolidation. Sleep Medicine Clinics. 6(1), 97 - 108.

Wenderoth, N. 2018. Motor learning triggers neuroplastic processes while awake and during sleep. Exercise and sport sciences reviews, 46(3), 152 - 159.

Wigren, H-K. & Stenberg, T. Kuinka nukkuminen elvyttää aivojamme?. Duodecim. Helsingin yliopisto. Luettu 6.5.2020. <https://docplayer.fi/65722272-Kuinka-nukkuminen-elvyttaa-aivojamme.html>

## LIITTEET

## Liite 1. Tutkimustaulukko (s. 51-57)

Tutkimuksen nimi	Osallistujat	Osallistujien valintakriteerit	Tutkimuksen tavoite ja menetelmät	Tulokset
<b>Tutkimus 1.</b> <b>Network-wide reorganization of procedural memory revealed by fMRI.</b>	Osallistujia oli 13, joista naisia seitsemän ja miehiä viisi. Koehenkilöiden keski-ikä oli 27,4 vuotta.	Osallistujien tuli olla normaalipainoisia ja sekä tupakoimattomia. Heillä ei saanut olla käytössä lääkkeitä, jotka vaikuttavat kognitiivisiin tai motorisiin suorituksiin. Koehenkilöillä ei ollut psykiatrisia tai neurologisia häiriöitä.	Tavoitteena selvittää uusien muistijälkien muodostumista ja uudelleenjärjestäytymistä unen aikana motorisen oppimisen jälkeen. Menetelmänä käytettiin neljän sormen napautustehtävää.	Tutkimustulosten perusteella uni tukee sekä oppimisen aikana tehostuneen muistijäljen palautumista että muistijälkien aktiivista uudelleenjärjestäytymistä. Tutkimuksen mukaan putamen eli aivokuorukka on keskeisessä roolissa muistijälkien vahvistumisessa NREM-unen aikana.
<b>Tutkimus 2.</b> <b>Gross motor adaptation benefits from sleep after training.</b>	Osallistujina 35 oikeakätistä miestä. Osallistujien ikä oli 20-36 vuotta.	Osallistujien tuli olla normaalipainoisia. Heillä ei saanut olla unihäiriöitä tai psyykkisiä häiriöitä eivätkä he saaneet käyttää huumausaineita tai lääkkeitä, jotka häiritsevät unta tai kognitiivisia kykyjä. Koehenkilöistä karsittiin pois ammatti- ja kilpapyöräilijät.	Tavoitteena oli selvittää unen vaikutusta karkeamotorisen tehtävän oppimiseen. Osallistujat jaettiin kahteen ryhmään. Toinen ryhmä harjoitteli aamulla ja illalla, nukkui yön yli ja harjoittelivat taas seuraavana aamuna. Toinen ryhmä taas harjoitteli illalla, nukkui yön yli ja harjoitteli taas seuraavana aamuna ja iltana. Heidän tuli suorittaa tehtävä, jossa piti ohjata käänteistä ohjauspyörää.	Tutkimustulosten perusteella unesta on hyötyä molempien ryhmien suoritukseen. Tutkimus kuitenkin osoitti, että ryhmä, joka pääsi nukkumaan välittömästi ensimmäisen harjoituskerran jälkeen suoriutui tehtävästä seuraavalla kerralla paremmin. Tutkimus osoitti, että NREM-unen toisen vaiheen aikainen unisukkuloiden aktivoituminen on suoraan yhteydessä karkeamotorisen taidon oppimiseen eli käänteispyörän ohjaamiseen.

<p><b>Tutkimus 3.</b></p> <p><b>Sleep and memory consolidation: Motor performance and proactive interference effects in sequence learning.</b></p>	<p>Osallistujia oli 33, joista naisia 28 ja miehiä 5. Osallistujien keski-ikä oli 22 vuotta.</p>	<p>Osallistujilla ei ollut neurologisia tai psyykkisiä häiriöitä, eivätkä he kärsineet unihäiriöistä.</p>	<p>Tutkimuksen tavoitteena oli testata unen aikaista proseduraalisen muistin vahvistumista. Osallistujat jaettiin satunnaisesti kahteen ryhmään. Tehtävänä oli opetella visuomotorisia liikesarjoja, reagoiden kosketusnäytöllä esiintyviin ärsykkeisiin.</p>	<p>Tutkimustulosten perusteella harjoituksen jälkeinen uni tehosti motorista oppimista, mutta uni ei kuitenkaan edistänyt motoristen liikesarjojen järjestyksen muistamista.</p>
<p><b>Tutkimus 4.</b></p> <p><b>Adult gross motor learning and sleep: is there a mutual benefit?</b></p>	<p>Katsausartikkelin tutkimusmateriaali on kerätty Medline – ja Pubmed-tietokannoista.</p>	<p>Katsaukseen valikoituneissa tutkimuksissa selvitettiin karkeamotorisen oppimisen ja unen välistä suhdetta.</p>	<p>Tavoitteena oli arvioida unen vaikutusta karkeamotoriseen oppimiseen.</p>	<p>Katsausartikkelissa todettiin, että erityisesti nuorilla aikuisilla uni vaikuttaa positiivisesti karkeamotoriseen oppimiseen. Katsausartikkelin tulokset osoittivat monimutkaisen karkeamotorisen oppimisen olevan yhteydessä unen aikaiseen synapsien stabiloitumiseen.</p>

<p><b>Tutkimus 5.</b></p> <p><b>Sleeping on the motor engram: The multifaceted nature of sleep-related motor memory consolidation.</b></p>		<p>Katsaukseen valikoituneissa tutkimuksissa käsiteltiin unen vaikutusta proseduraalisen muistin vakiintumiseen.</p>	<p>Tavoitteena oli vertailla tutkimuksia, jotka käsittelivät unen vaikutusta proseduraalisen muistin vakiintumiseen.</p>	<p>Katsausartikkelissa todettiin, että NREM-uni sekä erityisesti unisukkulat ja hitaat aallot ovat osallisena unen aikaisessa motorisen oppimisen vakiintumisessa. Katsausartikkelissa käsitellyjen tutkimusten mukaan uni näyttää parantavan motorisen oppimisen vahvistumista etenkin silloin, kun tehtävä on riippuvainen hippokampuksen toiminnasta.</p>
<p><b>Tutkimus 6.</b></p> <p><b>Thalamo-cortical white matter underlies motor memory consolidation via modulation of sleep spindles in young and older adults.</b></p>	<p>Osallistujina oli 13 keski-ikältään 24,1-vuotiasta aikuista sekä 14 vanhempaa keski-ikältään 62,2-vuotiasta aikuista.</p>	<p>Osallistujilta seulottiin ennen tutkimusta kognitiiviseen toimintaan vaikuttavia tekijöitä, kuten neurologisia ja psyykkisiä häiriöitä, jotka voisivat vaikuttaa unenlaatuun tai motoristen taitojen oppimiseen. Osallistajat olivat oikeakätisiä, tupakoimattomia sekä normaalipainoisia.</p>	<p>Tavoitteena oli tutkia unen vaikutusta motorisen oppimisen vakiintumiseen sekä selvittää aivoalueiden rakenteellisten yhteyksien ja iän vaikutusta siihen. Tehtävänä oli suorittaa motorisen liikemallin tehtävä.</p>	<p>Tutkimuksessa todettiin, että NREM-unen toisella vaiheella on tärkeä rooli motorisen liikesarjan oppimisessa ja muistin vahvistumisessa. Lisäksi tutkimus osoitti, että unisukkuloiden lisääntynyt tiheys motoriseen oppimiseen liittyvillä aivokuoren alueilla on yhteydessä proseduraalisen muistin vakiintumiseen. Nämä hyödyt havaittiin iästä riippumatta.</p>
<p><b>Tutkimus 7.</b></p> <p><b>Transient synchronization of hippocampo-striato-thalamo-cortical networks during sleep spindle oscillations induces motor memory consolidation.</b></p>	<p>Osallistujia oli 30, joista naisia 20 ja miehiä 10. Osallistujien keski-ikä oli 25,6 vuotta.</p>	<p>Osallistajat olivat oikeakätisiä ja tupakoimattomia. Heillä ei ollut lääkityksiä, mielenterveysongelmia tai unihäiriöitä. Osallistujien painoindex oli alle 25.</p>	<p>Tavoitteena oli selvittää proseduraalisen muistin vakauttamisen taustalla olevia tekijöitä unen aikana. Tehtävänä oli oppia kolme erilaista sormennapautteluyh-</p>	<p>Tutkimuksessa todettiin, että NREM-unen toisella vaiheella on kriittinen rooli motoristen taitojen vakauttamisessa. Lisäksi tutkimus osoitti, että unisukkulat edistävät motoristen taitojen vahvistumista aktivoitumalla</p>

		Tutkimuksesta rajattiin pois henkilöt, jotka olivat selvästi aamu- tai iltaihmiä sekä jotka olivat ammatiltaan muusikkoja tai konekirjoittajia.	distelmää. Testi tuli suorittaa mahdollisimman nopeasti ja virheettömästi ei-hallitsevalla kädellä.	uudelleen ja sitoen tehtävän kannalta merkitykselliset aivoalueet, kuten hippokampuksen, putamenin, talamuksen ja motoriseen oppimiseen liittyvät aivokuoren alueet.
<b>Tutkimus 8.</b> <b>Reactivation or transformation?</b> <b>Motor memory consolidation associated with cerebral activation time-locked to sleep spindles.</b>	Osallistujia 30, joista naisia 20 ja miehiä 10. Osallistujien ikä oli 20-35 vuotta.	Tutkimukseen osallistuneet henkilöt läpäisivät tutkimushenkilöille asetetut seulontakriteerit.	Tavoitteena oli selvittää motorisen oppimisen jälkeisen unen aikaisen proseduraalisen muistin uudelleenaktivoitumista ja yön aikana tapahtuvan suorituskyvyn paranemista. Osallistujien tehtävänä oli suorittaa sormien napauttelutehtävä kosketusnäytöllä. Testi tuli suorittaa ei-hallitsevalla kädellä virheettömästi mahdollisimman lyhyessä ajassa.	Tutkimuksessa todettiin, että unisukkuloilla on suora yhteys unen aikaiseen muistijälkien uudelleenaktivoitumiseen. Erityisesti striatumin eli aivojuovion unen aikainen aktivoituminen tukee motorisen liikesarjan oppimista. Tutkimus osoitti, että unen vaikuttava merkitys perustuu motorisen oppimisen aikana syntyneiden muistijälkien unenaikaiseen uudelleenaktivoitumiseen samoilla aivoalueilla.
<b>Tutkimus 9.</b> <b>Editorial: Online and offline modulators of motor learning.</b>		Katsaukseen valikoitui tutkimukset, joissa käsiteltiin motorista oppimista valveilla sekä unen aikana.	Tavoitteena oli koota tutkimukset, jotka käsittelevät motorista oppimista valveilla sekä unen aikana.	Katsauksessa todettiin, että unella on tärkeä rooli unenaikaisessa muistin sekä motoristen taitojen vakauttamisessa.

<p><b>Tutkimus 10.</b></p> <p><b>Qualitative differences in offline improvement of procedural memory by daytime napping and overnight sleep: An fMRI study.</b></p>	<p>Osallistujia 70, joista naisia 21 ja miehiä 49. Osallistujien keski-ikä oli 22 vuotta.</p>	<p>Osallistujat olivat oikeakätisiä. Heillä ei ollut neurologisia tai psyykkisiä sairauksia tai unihäiriöitä.</p>	<p>Tavoitteena oli selvittää päiväunien ja yöunien välistä eroa proseduraalisen muistin lujittumiselle. Osallistujat jaettiin kahteen ryhmään, toiset nukkuivat koko yön ja toiset vain päiväunet. Osallistujille teetettiin sormennapautustehtävä, jossa heidän piti ei-hallitsevalla vasemmalla kädellä napauttaa MRI-skannerissa olevaa näppäimistöä. Tehtävä tuli suoritettua niin nopeasti ja tarkasti kuin mahdollista.</p>	<p>Tutkimuksessa todettiin, että motorinen oppiminen parani molemmissa ryhmissä. Tarkkuus parani huomattavasti enemmän koko yön nukkuneilla.</p>
<p><b>Tutkimus 11.</b></p> <p><b>The relative impact of sleep and circadian drive on motor skill acquisition and memory consolidation.</b></p>	<p>Osallistujia 16, joista naisia seitsemän ja miehiä yhdeksän. Osallistujat olivat 20-49 vuotiaita.</p>	<p>Osallistujien tuli olla terveitä. Kaikilla osallistujilla oli ainakin keskiasteen koulutus.</p>	<p>Tavoitteena oli selvittää unen ja valveilla olon vaikutusta motoristen taitojen oppimiseen. Motorisen liikemallin testissä piti kirjoittaa viisi numeroisia sarjoja ei-hallitsevalla kädellä niin nopeasti kuin mahdollista. Osallistujilla oli 30s aikaa, jonka jälkeen oli 30s tauko. Harjoituskertoja oli yhteensä 12.</p>	<p>Tutkimuksessa todettiin, että nukkumisesta suoritusten välillä oli merkittävä hyöty motoristen taitojen oppimisessa verrattuna valvomiseen suoritusten välissä. Testituloksissa ei havaittu merkitystä tapahtuiko nukkuminen päivällä vai yöllä.</p>

<p><b>Tutkimus 12.</b></p> <p><b>Motor learning triggers neuroplastic processes while awake and during sleep.</b></p>			<p>Tavoitteena oli koota tutkimukset, jotka käsittelivät unen merkitystä ja aivoalueiden toimintaa motoristen taitojen oppimisessa.</p>	<p>Katsauksessa todettiin, että unesta on hyötyä motoristen taitojen vakiinnuttamiselle. Motorisen oppimisen huomattiin kehittyvän etenkin niissä ryhmissä, jotka pääsivät harjoittelun jälkeen nukkumaan kuin ryhmissä, jotka viettivät saman ajan hereillä. Tulokset osoittavat, että unen aikaiset hyödyt liittyvät hitaan aivoaallon aktiivisuuteen sekä lisääntyneeseen unisukkuloiden aktiivisuuteen. Tutkimukset osoittivat, että proseduraalinen muisti vakiintui NREM-unen toisessa vaiheessa, jolloin unisukkuloiden aktiivisuus lisääntyi merkittävästi. Tutkimusten tulokset osoittivat, että motorisen aivokuoren neuronit muodostavat uuden motorisen taidon oppimisen aikana. Nämä neuronit aktivoituvat uudelleen oppimisen jälkeisen unen aikana yhdessä unisukkuloiden aktivoitumisen kanssa. Lisäksi NREM-uni näyttää liittyvän uusien tuojahaarakkeiden muodostumiseen, mikä on tärkeää motorisen oppimisen vakiintumiselle. REM-unen taas on osoitettu olevan välttämätön tehtävän kannalta merkityksellisten synapsien</p>
---	--	--	---	--



				stabiloimiseksi ja tarpeettomien yhteyksien karsimiseksi.
--	--	--	--	---